SUL
CONCETTO DEL MOVIMENTO

MEMORIA

Letta all'Accademia di Scienze Morali e Politiche della Società Reale di Napoli

DAL SOCIO

FILIPPO MASCI

NAPOLI
TIPOGRAFIA DELLA REGIA UNIVERSITÀ
1892

SOMMARIO

I.

È generalmente ammesso e consentito nel mondo scientifico, che i progressi delle scienze sono oggidì strettamente dipendenti dagli aiuti vicendevoli che esse si prestano. L'idea di questo ricambio di servigii, di questa intima connessione, è così diffusa e radicata oggidì, che è affatto superfluo d'insistervi, come sarebbe superfluo di insistere sul consenso delle funzioni onde risulta la vita.

Ma non è del pari consentito che un rapporto analogo stringa

la filosofia e le scienze particolari, anzi si è generalmente inclinati a pensare il contrario. E in verità non si può negare, che la forma del pensare metafisico, con le sue deduzioni dai concetti, col prendere l' ultima astrazione per ultima realtà, e il sistema degli astratti con le sue leggi logiche e formali pel sistema dei reali e delle sue leggi obbiettive, con la mancanza e il disprezzo della verificazione, e col rigido dommatismo che deriva dal considerare come più vera la logica dei concetti che il responso dell' esperienza, abbia talora avuta un' influenza nociva al progresso delle scienze, come quella che ne ha falsato il metodo, e compresso il libero moto. Ma chi conchiudesse da questo, che non c' è relazione utile tra le scienze e la filosofia, cadrebbe in errore, anche se si limitasse ad affermare, che non ce n' è stata neppure tra le scienze e la filosofia metafisica. Perchè, anche solo rispetto a questa, disconoscerebbe la correzione, che le intuizioni geniali, delle quali è così ricca la storia della filosofia, e le anticipazioni proprie del pensiero speculativo hanno potuto apportare ai difetti e all'insufficienza del metodo; e non si spiegherebbe la tenacità con la quale la speculazione pura è tornata, dopo gl'insuccessi, a ritessere la sua tela. Anche prescindendo dal significato che i sistemi metafisici hanno come tentativi d'integrazione del sapere, essi hanno adempito una missione, che è nella natura dei rapporti che legano la filosofia alle scienze particolari, in quanto hanno anticipato a queste i concetti sintetici, direttivi, capaci di dare unità e fondamento alle cognizioni positive, e che in questa loro funzione trovavano la conferma del loro valore. Se le scienze particolari hanno apparecchiato la materia del sapere, *l' idea della scienza* è nata e cresciuta con la metafisica, ed è passata da essa alle scienze particolari. I concetti sintetici sono passati

storicamente dalla filosofia alle scienze particolari, non da queste a quella. E ciò è accaduto e perchè l' impulso alla sintesi è venuto più facilmente dalla speculazione che dall' esperienza, e perchè nelle analisi delle idee si sono più prontamente distinte le maniere possibili di concepire *il sistema* del sapere, le quali sono *tutte* registrate nella storia della filosofia, in quanto è storia della metafisica. I principii dell'unità e dell'eternità della sostanza passarono dalla filosofia alla scienza, e così quelli della continuità e dello sviluppo. La teoria della materia e della forza fu elaborata dai filosofi prima che dai naturalisti. E tutte le più alte teorie sintetiche delle scienze, l'unità della materia, l'unità delle forze, l'unità d'origine della vita, sono il prodotto d'un pensiero filosofico che ha fecondato il campo delle scienze naturali. Cartesio e Bacone, un metafisico e un avversario della metafisica , hanno dunque avuto ragione di affermare , che se anche la metafisica è una scienza vana, ha però il merito di smuovere il terreno del sapere, e di fecondarlo ; di fare che l' albero della scienza metta nuovi rami e porti frutti novelli , che alla sola esperienza sarebbero rimasti sconosciuti.

Se questo è vero della forma metafisica del pensiero filosofico, è vero anche più della forma oggi prevalente , che vuol essere logica e dottrina della conoscenza, sintesi e sistemazione dei dati dell' esperienza , ricerca e formula di quanto vi è di razionale nella realtà. Adempita la funzione di anticipare sull'esperienza, e quindi chiuso, (almeno per ora, e finchè non si produca una nuova attitudine, una nuova funzione del pensiero speculativo rispetto all'esperienza), il periodo profetico, segnate tutte le possibili maniere della sintesi sistematica del sapere , e tutti i modi di concepire la natura della realtà , la filosofia si è oggi rivolta più specialmente allo studio della funzio-

ne conoscitiva, e all' unificazione del sapere con la scorta dei risultati dell' esperienza da una parte, e della critica dei concetti dall' altra. Di questa filosofia le scienze particolari hanno non minore bisogno di quello che abbiano degli aiuti scambievoli, che esse stesse si porgono; e il rapporto che le collega è della stessa natura se non dello stesso ordine. Mai come ora è stato più vero il detto di Leibniz, *les sciences s'abrègent en s'augmentant*, perchè sono due fatti egualmente evidenti del lavoro scientifico contemporaneo questi; la tendenza filosofica delle scienze particolari, e l' esatto conto dei risultati scientifici, che la filosofia crede necessario di tenere nelle sue costruzioni sintetiche. Oggidì non si è disposti ad accogliere come vere altre teorie filosofiche se non quelle che sono fondate sopra le teorie scientifiche più generali, o verificate o verificabili in una esperienza possibile. Ma se la verificazione delle teorie filosofiche dal lato obbiettivo spetta alla scienza, non c' è dubbio che la condizione di formularle è una elevazione del pensiero al disopra delle divisioni e della particolarità delle singole scienze. È in forza di questa elevazione, senza di cui non sussisterebbe, che la filosofia può spiegare un' azione benefica sullo stesso incremento delle scienze, additando le integrazioni, che lo studio di un oggetto esige in ragione del posto che occupa nel sistema, o che può avere anche solo dal suo riferimento al tutto. Codeste esigenze, d' indole filosofica, sono come dei fermenti fecondi per le investigazioni scientifiche; e alla lor volta le più alte teorie scientifiche non solo hanno un valore filosofico in ragione della loro generalità, ma come anticipative e integrative dell'esperienza, sono intimamente e necessariamente speculative.

C'è però, oltre alle suindicate, un'altra ragione, la quale dimo-

stra nel modo più chiaro l'influenza benefica che la filosofia è chiamata ad esercitare sulle scienze particolari, ed è questa; che se le scienze particolari sono la verificazione e il fondamento della filosofia dal lato dell'esperienza, la filosofia è la verificazione di esse dal lato della logica e della dottrina della conoscenza, del valore dei loro concetti fondamentali, e dei limiti dell'uso di essi. Da questo punto di vista, come scienza del pensiero, la filosofia rimane la scienza direttrice, e come l'atmosfera comune in cui vivono tutte le altre. Nessuna difatti ce n'è, che risalendo ai suoi concetti ultimi non abbia bisogno di provarli alla misura della logica, e del valore conoscitivo che hanno, e nessuna può farlo senza ricorrere alla dottrina della conoscenza, perchè quei concetti, o sono una delle forme fondamentali della rappresentazione e della conoscenza del reale, o debbono essere misurati e pensati secondo qualcuna di esse. Materia, forza, atomo, numero, tempo, spazio, anima, coscienza, io, sono o immediatamente o mediatamente *categorie*, cioè o idee-funzioni, o idee-enti, che sono specificazioni o ipostasi di idee-funzioni. Ed è tanto comica, quanto altamente istruttiva, la perplessità che lo scienziato, chiuso nei cancelli della sua specialità, mostra nell' intendimento e nell'uso di quei concetti.

Cotesta perplessità, e le contraddizioni non potute vincere nella determinazione dei concetti e delle ipotesi fondamentali e direttrici, congiunte all' *odium philosophicum* che ha preso il posto nel secol nostro dell' *odium theologicum*, che fu caratteristico della scienza del secolo XVIII, hanno indotto la maggior parte degli scienziati ad elevare a fondamento della scienza positiva il principio scritto nella Prefazione al *De revolutionibus orbium coelestium* di Copernico. « Neque enim, necesse est ipotheses esse veras, imo ne verosimiles quidem,

sed sufficit hoc unum, si calculum observationibus congruentem exhibeant ». In forza di questo principio, il fisico e il chimico si professano disinteressati rispetto alle difficoltà e inconcepibilità della teoria atomica; anzi siamo arrivati al punto, che l'inconcepibilità si proclama come inerente necessariamente ai principii e alle ipotesi fondamentali delle scienze. Il prof. Neumann, un'autorità per le persone competenti in fatto di Meccanica razionale, in un discorso, diventato famoso, *Sui principii della dottrina galileo-newtoniana*, crede di potere assegnare la ragione di tale necessaria inconcepibilità. Secondo lui, per fondare una teoria fisica su principii, che non sieno inconcepibili in sè, bisognerebbe poterli dedurre dai principii e teoremi della logica o della matematica, che sono i soli che non inchiudono contraddizione. Ma dedurre da principii e teoremi puramente formali una dottrina fisica è tanto impossibile, quanto è impossibile a un ingegnere di costruire un ponte con le sole cognizioni di meccanica pratica, senza i materiali e senza la forza per metterli in opera. Anche il Leibniz, il quale come metafisico doveva ammettere la legittimità dell'illazione dal concetto all'esistenza, se concede che i fatti fisici possano essere spiegati matematicamente e meccanicamente, nega che i principii di queste spiegazioni possano essere ulteriormente dedotti da leggi aventi necessità matematica, cioè da principii e leggi matematiche. Quindi il Neumann conchiude, che, pel fisico, spiegare i fenomeni naturali, importa ricondurli al minor numero possibile di principii, i quali hanno però sempre in sè dell'arbitrario e dell'inconcepibile; e che il *carattere scientifico* della spiegazione deve farsi consistere soltanto nella *limitazione* dell'arbitrario e dell'inconcepibile, sin dove il farlo è possibile.

Ora è perfettamente vero che il mondo della nostra esperienza, non è fatto con la sola logica e con la sola matematica, e perciò non può essere dedotto da esse; ma confesso di non intendere la forza della dimostrazione che si appoggia a questa verità, di non intendere perchè una verità d'esperienza, o un'ipotesi sperimentale, per questo soltanto che non è conseguenza di verità razionali e di ordine necessario, debba essere inconcepibile. Tanto vale dichiarare inconcepibile ed assurda tutta l'esperienza, ed ammettere come verità fondamentale nella dottrina della conoscenza, che l'inconcepibile può essere vero. È noto ora che il luogo citato di Copernico non è di Copernico, ma appartiene, come tutta la prefazione, all'Osiander. Che Copernico non si potè pronunziare su di esso, perchè ricevè stampato il *De revolutionibus orbium*, quando era sul letto di morte, e che il buon vescovo Gyzio, amico e confidente di Copernico, lo sconfessò subito. Si sa pure che l'Osiander prepose quell'introduzione, nella quale dà per mera congettura la nuova dottrina, solo per rendere benevoli i dotti di quel tempo alla novità copernicana. E in verità questo concetto del dissidio tra l'esperienza e la ragione, tra la logica e il fatto, tra la concepibilità e la verità, non è entrato mai nel pensiero dei grandi creatori della scienza moderna, e n'era riserbata la invenzione al gretto particolarismo scientifico del tempo nostro. Pure, anche stando all'ultima conclusione del Neumann, che il cómpito della scienza sia almen quello di diminuire e limitare sempre più l'inconcepibilità dei principii delle scienze particolari, il cómpito benefico della filosofia rispetto ad esse è teoricamente giustificato. Il Neumann pensa, che l'essenza delle teorie fisico-matematiche è di essere delle vedute soggettive, scelte per dare l'imagine più esatta che è possibile dei

Inp. e vero

fenomeni. Come il nervo ottico, egli dice, risponde con sensazioni luminose ad ogni specie di stimoli, così il nostro pensiero risponde alle percezioni ed osservazioni nel campo della natura esteriore con imagini fatte di numeri, di punti e di movimenti.

E sia pure; ma perchè la veduta soggettiva dia un' *imagine esatta* dei fenomeni, non deve essere puramente soggettiva; le due qualità, che le si attribuiscono, l' essere soggettiva, e l' essere imagine esatta della cosa, sono contraditorie; e se è giusto di non spingere la fede nelle teorie fino a lasciarle irrigidire nella lor forma ricevuta, con danno del progresso scientifico, non è minore danno considerarle come un continuo provvisorio, che non ha nessun valore oggettivo. Ebbene, questa nuova forma di scetticismo, questo scetticismo sperimentale, che s' infiltra e prevale nelle scienze positive, è effetto del trascurar che fanno gli scienziati ogni ricerca filosofica, ogni prova razionale dei fondamenti delle loro dottrine. L' *odium philosophicum* li ha respinti a grado a grado dalle teorie metafisiche campate di là dall'esperienza, e dalle generalizzazioni filosofiche fondate sull' esperienza, fino a rigettare la verità, il valore oggettivo, delle loro stesse teorie generali, e a chiudersi nel fatto singolo e rozzo della percezione esteriore. La teoria non è per essi la spiegazione del fatto, ma l' *auxilium imaginationis* per la rappresentazione del fatto; ed è migliore quella che più si adatta a quest' ufficio, e ci fa prevedere e scoprire nuovi fatti, non perchè sia la verità del fatto, ma perchè è un sistema d' imagini che ha una orditura corrispondente al sistema dei fatti. E sia pure; ma cotesta teoria è filosofia bella e buona, se si vuole, o anche brutta e cattiva. E non è dato di fermarla restando

nel giro della riflessione propria di ciascuna scienza, ma elevandosi ad una vera e propria dottrina della conoscenza, dei suoi limiti e dei suoi fondamenti, delle sue funzioni e delle sue forme, e del suo valore rispetto agli oggetti del sapere.

La sentenza di Claudio Bernard, che è oggi il *credo* degli scienziati spiccioli, *che bisogna ammettere le teorie senza crederci*, è a mio parere fraintesa da quelli stessi che se ne fanno scudo ed insegna. Perchè il Bernard, nella seconda parte della sentenza, non volle dir altro se non che non bisogna lasciarsi imporre dalle teorie fino al punto di sconoscere i fatti, e di precludersi la via alla loro scoperta. Ma nella prima parte riconobbe esplicitamente la necessità della teoria, e se respinse il pregiudizio sistematico, che inceppa la libertà della ricerca, e conduce a sconoscerne i risultati, e spesso a falsificarli, non si sognò neppure alla lontana di asserire che le teorie scientifiche fossero qualche cosa di accessorio e di accidentale, e facessero alla mente umana quello stesso ufficio che le dande ai bambini, delle quali il meglio che si possa fare è di mettersi in condizione di non averne bisogno. Perchè anche nelle scienze fisiche, dove il fatto ha una certa autonomia, e può essere accertato indipendentemente dalla teoria, chi non illumina il fatto con la teoria e non fa convergere il fatto ad una teoria, non fa opera scientifica, perchè non porta nessun contributo alla *conoscenza* del fatto, che è il fine della scienza. Esso non si può neppure proporre il modesto còmpito di *provare qualche cosa,* perchè il fatto non è, nella scienza, prova di se stesso, ma di qualche cos'altro, che non può essere se non che la sua natura e la sua legge, cioè la sua teoria. Bisogna persuadersi, che la scienza non vive nè di soli fatti nè

di sole idee, e che l'aspro conflitto tra scienziati e filosofi è più apparente che reale. I naturalisti, i quali professano di non pregiare che i fatti, sono ben felici allorchè capita loro di avere delle idee; e quelli che più si lasciano trasportare dalle sintesi teoriche, non le imaginano se non che come il mezzo migliore d'intendere i fatti. Su per giù oggi non è un mistero nè per la logica teorica, nè per la pratica scientifica quello che deve essere il vero metodo scientifico. Imaginare ipotesi sulla base dei fatti conosciuti prima di osservare e sperimentare; osservare e sperimentare per scegliere tra le ipotesi teoriche le più conformi alla realtà, e servirsi delle ipotesi scelte per scoprire altri fatti. La scienza è insomma il fatto fatto teoria; ma se fosse vero che le teorie più generali delle scienze sono necessariamente contraddittorie, sarebbe vero invece che la scienza è la contraddizione fatta teoria, e l'inconcepibile posto a base del concepire e del conoscere.

II.

Una delle tante quistioni nelle quali meglio si vede la necessità dell'indagine filosofica, e della correzione filosofica dei concetti fondamentali delle scienze particolari, è quella che oggi si agita intorno al concetto del movimento. Si sa che esso fu il subbietto favorito della dialettica e dell'eristica antica, ed è noto anche che fu facile all'antica logica di aver presto, e bene, ragione dei sofismi creati da quella forma degenerata del pensiero filosofico. Ma non pare che sia per accadere lo stesso della disputa antica, e sempre rinnovata, circa il concetto e la definizione più esatta del movimento da

porre a fondamento della meccanica, in modo da distinguere bene l'obbietto di questa, che è il movimento reale, dall'apparente.

La definizione del movimento, che sia *un continuo cangiamento di luogo,* è applicabile tanto al movimento reale che all'apparente; tanto al movimento della nave quanto a quello delle case e degli alberi che sono lungo le rive, tanto alla rotazione diurna delle stelle e alla loro aberrazione annua, che sono movimenti apparenti, quanto al moto della terra intorno al proprio asse e intorno al sole, che sono i movimenti reali correlativi. Inoltre il movimento è *correlativo* non solo per la sensibilità, ma anche per la geometria e per la cinematica astratta; giacchè in questa è perfettamente indifferente che il movimento del punto A verso il punto B sia invece considerato come movimento di B verso A.

Adunque quella definizione non è capace di distinguere il movimento reale o assoluto dall' apparente o relativo, se prima non è possibile determinare che un movimento relativo non è correlativo, cioè se prima non si riesce a riferire con piena certezza un movimento a un punto immobile. Ma qual punto è immobile? di punti relativamente immobili l' esperienza ce ne può presentare un grandissimo numero, ed anche innumerevoli; di assolutamente immobili nessuno. Imaginiamo su una nave in rapido moto un proiettile spinto da un impulso per la verticale; dopo un certo tempo esso ricade sul punto stesso della nave dal quale è mosso, e rispetto ad esso ci parrà che abbia descritta la stessa retta nel movimento ascensivo e nel discensivo. Ma è questo il suo movimento reale? no, perchè esso si complica col movimento della nave, con quello diurno ed annuo della terra, con quello del sistema solare nello spazio,

e con gli altri otto movimenti assai più lenti finora conosciuti e determinati, i quali fanno oscillare in direzioni varie, come la foglia che mulina il vento, il nostro pianeta. E poichè non possiamo sicuramente affermare che questi movimenti conosciuti sieno i soli, e che ci sia un centro immobile nell' universo al quale tutti i movimenti si possono in ultimo riferire, così se possiamo determinare provvisoriamente la risultante grafica di un certo numero di movimenti complicantisi, siamo affatto incapaci di determinare il movimento reale assoluto di qualsiasi mobile. E posto anche che riuscissimo a determinare il centro immobile dell' universo secondo un' esperienza, che avesse ragione di ritenersi come compiuta, questo centro non potrebbe essere se non che quello intorno al quale si volgono tutti i corpi e tutta la materia. Ma trovatolo, non potremmo affermare di esso se non che un' immobilità relativa, e non potremmo escludere la possibilità che esso si muova con la totalità dei corpi per lo spazio infinito. Perchè ci mancherebbe, rispetto ad esso, il punto di riferimento necessario per determinare se un corpo o un punto materiale è in riposo o in movimento. Così non ci saremmo potuto avvedere del movimento della terra, almeno col sussidio dei sensi geometrici, se essa fosse stato il solo corpo nello spazio.

Intanto è bene notare, che quello che è un difficile problema per la scienza non è tale per la coscienza comune. Questa, chiusa com' è nel campo del relativo, ed abituata a distinguere benissimo in esso la quiete e il movimento, crede che questa distinzione sia senza più una distinzione assoluta. Il mezzo che essa adopera per distinguere il movimento reale dall' apparente è sempre un riferimento, un paragone, della natura stessa di quello adoperato dalla scienza; soltanto, questo

riferimento o paragone non è proseguito fino alla fine, fino cioè alla determinazione d' un punto di riferimento che si possa considerare come assolutamente immobile. Un certo cammino la coscienza comune lo fa anch' essa in questa quistione; perchè giudica del movimento sempre mercè il riferimento ulteriore a punti che sono progressivamente termini di paragone l' uno rispetto a quello che precede. Difatti il punto di riferimento è per la coscienza comune, successivamente, il proprio corpo, lo spazio che più da vicino lo stringe, da ultimo la terra. E sempre c' è, anche per essa, un progresso da un movimento più relativo ad uno meno relativo; sempre la distinzione del moto apparente dal reale è fatta attribuendo realtà a quel movimento, che appare movimento anche rispetto all' ultimo termine di riferimento, che pel pensiero comune è la terra. Quindi si vede che la sicurezza del pensiero comune non dipende, in questa quistione, se non che dal fatto che non si cura di spingere fino all'ultimo termine i quesiti che pur si propone. Esso considera come assolutamente immobile quel termine di riferimento, che appar tale alla sensibilità; mentre la conoscenza scientifica l' oltrepassa, e s' impegna in una nuova serie di termini di riferimento, di cui non le riesce di trovare il termine ultimo e definitivo.

Ma la realtà e difficoltà del problema si vede meglio se si consulta la storia della scienza. Questa registra una serie non interrotta di tentativi di soluzione dai tempi antichi fino ai più recenti, da parte di filosofi, di matematici, di fisici; e ci presenta oggi il fenomeno di un rifiorimento della disputa più vivace e largo che non sia stato mai. Egli è che il problema tocca da vicino i fondamenti della fisica meccanica, e si connette coi principii più generali, che da Galileo in poi, sono la

corpo
spazio prossimo
terra

Rassegna storica

base della moderna comprensione della natura esteriore. Difatti le soluzioni via via date, e l' interesse degli scienziati per esso, si riferiscono strettamente, da una parte alle scoperte e ai progressi delle scienze fisico-meccaniche, e dall' altra agli sviluppi delle analisi sempre più approfondite circa la natura, i limiti, e le forme e funzioni della conoscenza. L' assioma della pura cinematica, che ogni movimento di un punto può essere sostituito dal movimento di quella parte dello spazio finito sensibile che è necessaria in opposta direzione e con egual velocità, (anche il moto circolare di una sfera sul proprio asse da quello inverso dello spazio finito che la circonda intorno allo stesso asse), e che la stessa cosa si può dire di codesto spazio, e così in infinito, ha fatto pensare che la mancanza di un punto immobile certo di riferimento rendesse inevitabile di ammettere, che non è possibile di avere nessuna conoscenza e di dare nessuna definizione del movimento reale. E poichè neppure il criterio della forza sviluppata dal movimento s' è trovato valido, s' è fatto strada il concetto, che dal punto di vista della scienza positiva e rigorosa convenisse rassegnarsi al dubbio, che tutti i movimenti, che la nostra sensibilità apprende nella natura, non fossero per avventura mere apparenze, e che la più obbiettiva, positiva e certa delle scienze fisico-matematiche, e tutte anzi le scienze fisiche con essa, non fossero se non che scienze di apparenze, o non si potesse dimostrare che fossero più di tanto.

Se non che, nel momento di fare questa rapida rassegna storica, sento più che mai vivo il timore, che l'aridità del tema, e la mia nessuna perizia di abbellirlo e di renderlo comportabile, non debbano stancare soverchiamente la vostra benignità e pazienza. Temo di ritrovarmi, si licet parva componere magnis,

nella condizione d' un austero accademico francese, il Berthoud, quando spiegava ai colleghi il meccanismo dell' orologeria. Uno di questi, annoiato, scrisse su un biglietto questi quattro versi:

> Berthoud, quand de l' échappement
> Tu nous traces la théorie
> Hereux qui peut adroitement
> S' èchapper de l' Acadèmie,

e, passato il biglietto al collega vicino, andò via. Questi, annoiato come lui, profittò del consiglio, e così fecero tutti, meno il presidente e il segretario, che la loro dignità inchiodava sugli alti seggi. Io non voglio essere, per dire come diceva Alfredo de Musset, noioso come un accademico, specialmente con voi, che nelle vostre letture solete dare la più confortante smentita di quella frase accusatrice. E perciò mi rimetto interamente al vostro giudizio sul continuare o nò la lettura di questa comunicazione, o passarla senz' altro al riposo innocente e non disturbato degli *Atti*.

III.

Nel ritessere lo sviluppo storico del concetto del movimento, rispetto al problema che ci occupa, non si può dare la stessa importanza alla disputa che si fece intorno ad esso nella filosofia antica e in quella del Medio Evo, e a quella che si agitò dopo che la scoperta copernicana, e quella delle leggi del movimento per opera di Galileo, ebbero determinati i dati scientifici del problema. Prima di Copernico la fede nell' immobilità della terra dava quel punto di riferimento, che fu invano cer-

cato dalla scienza posteriore, e che basta per distinguere il movimento assoluto dal relativo. D' altra parte le scienze fisiche erano ancora ai primi ed incerti principii, confuse con la filosofia, e non ancora in possesso dei loro metodi, e la meccanica scientifica in ispecial modo era ancora di là da venire. È bensì vero, che taluni filosofi dell' antichità avevano negato il domma dell' immobilità della terra, e che per conseguenza essi avrebbero anche dovuto ammettere la relatività di ogni movimento nella cerchia dell' esperienza. Ma non pare che questa conseguenza si sia presentata alla loro mente, e che essi abbiano trattato esplicitamente la quistione, e proposta una od altra soluzione. Il concetto del movimento fu considerato dalla filosofia antica o dal punto di vista della dialettica, o da quello della metafisica, e fu per essa una quistione affatto secondaria quella di vedere se è possibile determinare un criterio certo di distinzione del movimento reale dall' apparente.

Pure questa quistione fu trattata espressamente da Aristotele, che avea posto il concetto del movimento come il perno della sua metafisica. Aristotele intende per movimento, nel senso metafisico, il processo dalla potenza all' atto, l' *entelechia del possibile*, e nella fisica distingue quattro specie di movimento, il nascere e il perire, l' aumento e la diminuzione, l' alterazione, e il cangiamento di luogo. Quest' ultimo fatto è quello che definisce secondo lui il movimento in senso proprio, e distingue anche il movimento reale dall' apparente, se è esattamente definito il concetto del luogo. Tra luogo e spazio egli non distingue sufficientemente; lo spazio è per lui non propriamente qualche cosa che si confonde coi corpi, ma una loro proprietà e relazione. Esso non è una realtà per sè, una grandezza infinita, ma il luogo immobile dei mobili corpi, il limite del cor-

po circondante, τὸ πέρας τοῦ περιέχοντος σώματος, intendendo la parola corpo piuttosto nel senso geometrico che nel senso fisico, ma non così che faccia interamente astrazione da questo, e consideri come reale il puro spazio geometrico. Il luogo d' un singolo corpo è definito dai limiti dello spazio fisico che lo circonda, lo spazio in generale è definito dai limiti del mondo materiale. Ciò posto, il movimento assoluto è quello pel quale il corpo ha ad ogni istante un luogo nuovo, e il movimento relativo quello nel quale il corpo non muta esso il suo proprio luogo, ma lo muta il sistema materiale di cui è parte. Così un chiodo, nella nave che cammina, è mosso di moto relativo o accidentale, mentre un passeggiero che va su e giù per quella è mosso di moto assoluto e relativo insieme.

Adunque, secondo Aristotele, per distinguere il movimento assoluto dal relativo è necessario quello che è necessario per la coscienza comune, un riferimento a un termine che sia esso stesso immobile. Questo termine, con le intuizioni astronomiche, che egli ebbe comuni col tempo suo, era facile a indicare, era la terra. Ma avendo ammesso che l' universo fosse mosso di moto circolare, fu costretto di rinunziare a questo punto di riferimento comune, e di porre in sua vece lo spazio-luogo, lo spazio o luogo sensibile, cioè in fine la posizione. Così, cercando il punto di riferimento immobile, si precluse la via di determinarlo, ne ammise infiniti invece di uno, e tutti relativi. Non badò che se il tutto è mobile, non c'è un punto di riferimento che sia immobile, e che perciò l' immobilità del luogo e il movimento del tutto sono contradittorii, posta quella sua definizione del luogo. E finalmente non vide che il movimento secondo lui perfetto, il movimento dei cieli, non si può defini-

re e distinguere dal riposo assoluto, perchè manca il termine di riferimento che è necessario per determinarlo.

Ed oltre a queste difficoltà generali, si vede facilmente, che le definizioni aristoteliche non reggono, presa ciascuna per sè. Non regge quella del moto accidentale, perchè il movimento d'una parte in un sistema in movimento non è meno assoluto del movimento del sistema, e se c' è qualche cosa di accidentale e di relativo in questo caso, non è il moto ma la quiete. Neanche regge la definizione del movimento assoluto, perchè, secondo l' obiezione di Sesto Empirico, chi camminasse su una nave con la stessa velocità di questa, e in direzione opposta, dovrebbe essere considerato come immobile, il che è assurdo. Nè finalmente si vede, perchè il punto di riferimento debba essere per ciascun mobile diverso, cioè il luogo materiale che lo circonda. Se così fosse, il rapporto di più movimenti tra loro non sarebbe possibile, perchè esso suppone un punto di riferimento unico.

Tutte le difficoltà della teoria aristotelica derivano dall' aver avuti presenti, con più o men chiara coscienza, i dati del problema, e dall' averli concepiti in maniera contradittoria. Cercando il punto di riferimento immobile, gli pare di doverne assegnare uno che sia insieme accessibile all' esperienza e immobile in senso assoluto; tale è il suo spazio-luogo, che contiene insieme mescolati gli elementi empirici sensitivi e gl' intuitivi assoluti. E non vede che ciò che è empirico non può avere un valore assoluto, e ciò che ha valore assoluto nell'intuizione non può avere nessun uso nell'esperienza. Quindi non è meraviglia se, con quelle sue definizioni e distinzioni del movimento assoluto e del relativo, lasciò un nodo di sottigliezze e di dispute infi-

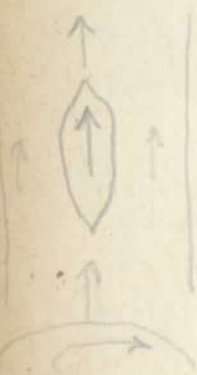
nite ai suoi comentatori, e alla Scolastica aristotelica. Le quali furono aggravate maggiormente dal fatto che la sua teoria del movimento dei cieli veniva a togliere allo spazio-luogo quella immobilità, che come punto di riferimento del moto doveva avere.

Perciò lo studio principale dei sostenitori della dottrina aristotelica fu di accordare le due parti di essa, il punto di riferimento immobile, e il movimento dei cieli. Temistio e San Tommaso dissero, che essendo il luogo un riferimento al tutto, il tutto non ha luogo e perciò non cangia luogo, non si muove al modo stesso delle parti. Averroè invece non si sentì di negare il movimento del tutto, ma sostenne che fosse mosso di moto accidentale, non riferibile cioè a un punto immobile, posto fuori di esso; mentre le parti, in quanto partecipano al movimento del tutto si muovono accidentalmente, in quanto cangiano luogo nel tutto si muovono di movimento reale. Ed Occam disse, che ogni luogo essendo mosso di moto circolare col tutto, non può fare da punto di riferimento immobile se non rispetto ad un moto diverso. Tutte codeste dispute fecero accorto il Cusano dell' impossibilità di rimuovere quelle contraddizioni, e perciò piegò apertamente al partito di ritenere come affatto relativo il movimento. Ma questa dottrina non trovò seguaci; essa parve, come pare ancora, e parrà sempre alla mente umana, paradossale; e però Copernico pensò che bisognasse lasciar cadere uno dei termini della teoria aristotelica, il movimento dei cieli, se pur si doveva ammettere il movimento reale. E poichè fu la sua scoperta quella che fece entrare la dottrina del moto nella lotta feconda delle nuove intuizioni astronomiche, così nel secolo che gli succedè tutte le ricerche su di esso procedettero connesse con quelle intorno

al vero ordine del mondo sidereo, e tutto lo sviluppo dell' idea del moto da Copernico a Newton seguì quello della nuova intuizione dell' universo. Per Copernico, che concepì l' universo come finito, (dalla sfera immobile delle stelle fisse), e il sole come immobile al centro del sistema planetario, il luogo immobile è determinato in rapporto al sistema di coordinate eliocentriche riferite al firmamento.

I dati più importanti per le ulteriori discussioni intorno alla distinzione tra il moto assoluto e il relativo furono addotti da Cartesio e da Galileo. Il primo ritenne su per giù il concetto aristotelico dello spazio e del luogo, e perciò respinse il concetto della realtà per sè dello spazio assoluto, e credè che il movimento reale si dovesse definire, al modo aristotelico, come cangiamento del rapporto di posizione d' un corpo in un sistema di posizioni di corpi. Ma non è questa parte della dottrina cartesiana del moto quella che ebbe importanza nella storia di quel concetto; essa era, come s' è visto, antica, ed era stata prima, e fu dopo Cartesio, soggetto di sottigliezze e di dispute infinite. La novità cartesiana consiste nell' avere enunciato e dimostrato completamente per la prima volta il principio della reciprocità dei movimenti dal punto di vista geometrico puro, e quindi l' impossibilità di distinguere, geometricamente soltanto, il movimento reale dall' apparente. Cartesio vide bene che, geometricamente, il movimento si può considerare indifferentemente tanto come esistente nel mobile, quanto come esistente nel corpo che viene a cangiar di luogo relativamente ad esso, e nella parte finita dello spazio sensibile che lo circonda. Dal punto di vista geometrico, se A si avvicina a B, o se ne allontana, B si avvicina ad A o se ne allontana; ogni movimento relativo, geometricamente, è *corre-*

lativo. Così era posta la necessità di un altro elemento per determinare il movimento reale, accanto all' elemento spazio si affacciava l' elemento forza.

L' introduzione di questo nuovo elemento appartiene a Galileo, al quale anche appartiene di avere la prima volta parlato dello *spazio della natura* come diverso da quello della sensibilità. In opposizione con la dottrina aristotelica e cartesiana, egli distingue tra lo spazio della nostra sensibilità e lo spazio reale. Il primo è materiale e corporeo, e i punti di riferimento del moto in esso sono materiali e corporei, e perciò solo relativamente immobili; quindi ogni movimento appreso dalla nostra sensibilità, in quanto è riferito a un punto relativamente immobile, è anche un moto relativo. Adunque il movimento reale non si può determinare in rapporto a un corpo, o allo spazio della sensibilità, ma deve essere determinato in rapporto allo spazio della natura, del quale nella geometria abbiamo il concetto. E che il movimento reale debba essere ammesso, ce n' è una prova in questo, che le leggi del movimento si formulano in rapporto al movimento reale, e non avrebbero senso pel movimento relativo. La prima di queste leggi, la legge d' inerzia, dice che un corpo abbandonato a sè stesso persevera nell' immobilità, o continua a muoversi in direzione rettilinea e percorrendo sempre negli stessi tempi gli stessi spazii. Questa legge importa dunque una immobilità o un movimento reali, e uno spazio e un tempo reali e misurabili; e non è punto conciliabile con la dottrina che ammette la relatività di tutti i movimenti, nè con quella che esige il riferimento del moto a un punto materiale, giacchè essa sarebbe vera assolutamente, anzi troverebbe la sua più perfetta verificazione appunto nel caso che un sol mobile esistesse nel mondo.

E già l'impossibilità di determinare il movimento reale, posta una definizione affatto relativa dello spazio e del luogo, risultava dalla stessa discussione della dottrina cartesiana. Perciò uno dei primi contraddittori di questa dottrina, Enrico More, impugnò principalmente il concetto dello spazio. Disse che, posto questo concetto, le parti interne d'un sistema in movimento dovrebbero essere ritenute come immobili, e invece come mosso un corpo che sia in quiete in un sistema di altri corpi mossi. E mentre Cartesio aveva affermato, che niente che è immateriale può essere esteso, More oppose che la tesi vera è invece questa, che niente che non è reale può essere esteso, e che perciò l'esteso puro, o lo spazio immateriale è reale. Che egli si elevasse fino al concetto dello spazio assoluto, non pare; da buon copernicano, per spazio reale e non materiale, egli intese sempre lo spazio del sole e delle stelle fisse. E sebbene l'idea, che allora si fece strada, degli spazii vuoti sorreggesse la sua polemica contro l'identificazione cartesiana dello spazio con la materia, era necessario che una compiuta intuizione del sistema del mondo diversa dalla cartesiana si formasse per poterla sostituire.

Newton si trovò a trattare del problema che ci occupa quando, e per opera sua e per opera di altri, da una parte erano posti i fondamenti più generali della meccanica, l'inerzia e la gravitazione, e dall'altra il perfezionamento successivo della dottrina copernicana aveva collocati nell'infinito i confini del mondo. I fondamenti della meccanica esigevano che il movimento reale fosse distinto dal relativo, e determinato senza nessun riferimento a un termine particolare e finito. D'altra parte il cielo delle stelle fisse, conservato da Copernico, s'era disciolto in un mobile caos; la grandezza del mondo sensibile diventa-

va indeterminata e indeterminabile, e quale che essa fosse, abbracciata e contenuta nel tutto, penetrata e divisa nelle parti dallo spazio infinito. Galileo aveva parlato dello spazio della natura come diverso da quello della sensibilità, More della realtà dello spazio immateriale; veniva quindi spontaneo il pensiero, che il movivento reale si dovesse determinare per rapporto allo spazio assoluto.

Perciò Newton, nello scolio all' ultima delle definizioni poste a capo dei suoi *Principia*, definisce così i concetti dello spazio, del tempo e del movimento assoluto, e li distingue dai relativi. Il tempo assoluto o matematico, o com' egli lo chiama, *siderale*, è quello che scorre senza nessun rapporto a un esterno accadere; il tempo relativo è tutto misura estrinseca e sensibile della durata pel movimento, (giorno, anno, ora, ecc.), e l' impossibilità di passare dal secondo al primo risulta dalla possibilità che non ci sia nessuna misura assoluta del tempo. Lo spazio assoluto, o com' egli lo chiama, *firmamento*, è quello che non ha nell' essenza sua nessuna relazione con le cose esteriori, ed è sempre identico con se stesso ed immobile; invece lo spazio relativo è tutto misura mobile o dimensione dello spazio assoluto, e si definisce in una maniera sensibile, perchè è l' insieme delle posizioni materiali coesistenti. Noi definiamo i luoghi per le distanze da un corpo dato, che consideriamo come immobile; ma è possibile che non ci sia corpo veramente immobile, al quale i luoghi e i movimenti possano essere riferiti. Lo spazio assoluto e il relativo coincidono in natura e grandezza, ma non restano sempre gli stessi; p. es. la terra nel suo movimento coincide or con questa or con quella parte dello spazio assoluto. E il luogo deve essere definito come parte di spazio occupata, (assoluto o relativo che sia), non come

posizione, che è rapporto di luoghi, non come rapporto di superficie, perchè lo spazio occupato può essere lo stesso non ostante le variazioni della superficie.

Il movimento assoluto è il passaggio d' un corpo da uno ad altro luogo assoluto, e il movimento relativo è il passaggio da uno ad altro luogo relativo. Così, nell' ipotesi d'un passeggiero, il quale si muova su una nave che è essa stessa in movimento, il movimento assoluto è la risultante della composizione dei due movimenti indicati col movimento della terra. Il riposo e il movimento assoluto differiscono dal riposo e dal movimento relativo per le *proprietà*, per le *cause*, per gli *effetti*. È proprietà del riposo assoluto, che i corpi secondo esso in riposo sieno anche in riposo relativo; però non è certo che vi sia un sol corpo che sia in riposo assoluto. L'immobilità dei luoghi significa che essi conservano eternamente le loro posizioni relative, e che la loro somma, che è lo spazio, è anch' esso immobile e impassibile di movimento. È proprietà del movimento assoluto, che le parti, le quali conservano la loro posizione rispetto al tutto, partecipano al movimento del tutto; ma perciò appunto il movimento assoluto non può essere determinato rispetto ad esse. Circa le *cause* Newton dice, che il moto reale è quello che è il prodotto dell' applicazione di una forza al corpo mosso, e che subisce un cangiamento ad ogni nuova applicazione di forza; invece il moto relativo può esistere e può variare senza nessuna applicazione di forza e senza nessun cangiamento della forza applicata al corpo che appar mosso. Le differenze desunte dagli effetti sono anche di natura dinamica; un corpo in movimento assoluto sviluppa una quantità corrispondente di forza, che manca affatto nel moto relativo. Anche il movimento di rotazione, che sia reale, sviluppa una forza

centrifuga, che manca nel movimento relativo dello stesso genere.

Adunque Newton aggiunge esplicitamente il determinante dinamico al geometrico, e gli attribuisce anche una importanza maggiore. Difatti mentre non crede possibile nessuna inferenza dal fenomeno geometrico al dinamico, ammette l'inversa da questo a quello. Secondo lui, dalla legge d'inerzia si può conchiudere direttamente alla realtà del tempo, dello spazio e del movimento assoluto. L'uniformità costante del movimovimento è una proprietà di questo, che è correlativa col tempo assoluto e non sarebbe se questo non fosse. Similmente il movimento rettilineo è la proprietà correlativa dello spazio assoluto, di cui dimostra la natura, di essere cioè uno spazio piano; e s'è detto già che l'esistenza del movimento reale è provata se la legge d'inerzia è vera.

È facile vedere che la dottrina di Newton è la più completa di tutte quelle che la precedono, la più analitica e insieme la più comprensiva. Formulata rispetto alla intuizione astronomica più completa e definitiva, a quella che non ammette nessun punto materiale fisso nell'universo, e che rappresenta non una finita costruzione, ma una costruzione infinita dei sistemi siderei, essa scioglieva il problema della determinazione del movimento reale dalla connessione con le concezioni astronomiche, per ricollegarlo alla meccanica come disciplina schiettamente matematica. E poichè l'autorità di Newton fu grandissima, la sua dottrina divenne prevalente. Aggiungasi che il suo linguaggio si prestava bene alla forma matematica che la dottrina veniva assumendo. Quindi nel maggior numero di trattati, fino ai giorni nostri, si trova ripetuta la sua dottrina con piccole variazioni di forma; p. es. si dice *spazio assoluto* invece

del *firmamento* di Newton, e *tempo assoluto* invece del *tempo siderale* newtoniano.

Quegli che formulò nella maniera più rigorosa la dottrina di Newton, e la portò fino alle ultime sue conseguenze fu Eulero. Il quale trattò di questo argomento in tre scritti diversi, nella *Meccanica* (1736), nelle *Riflessioni sullo spazio e sul tempo* (1748), e nella *Theoria motus* (1765). Nella prima di queste opere non crede necessario, per determinare il concetto del movimento assoluto, di ammettere lo spazio assoluto, e trascura di esaminare la quistione rispetto al tempo. Invece negli altri due scritti crede che lo spazio assoluto e il tempo assoluto, di cui cerca di determinare e provare rigorosamente i concetti sieno il fondamento necessario della Meccanica. Egli insiste sull' idea che il riposo e il movimento appresi dalla sensibilità sono puramente relativi, e mostrato con l' esempio tipico del battelliere, che una stessa cosa può essere considerata relativamente come mossa e come immobile, ne conchiude che la distinzione tra il moto e la quiete relativi è puramente nominale, e che non c' è tra i due maggior differenza che da una ad altra forma di movimento. Quindi i soli concetti veri del movimento e del riposo e della loro distinzione sono quelli che hanno per contenuto il movimento e il riposo assoluti. Questi non debbono essere determinati mercè il riferimento a un punto materiale o corpo, che sia immobile, perchè la sensibilità è incapace di determinarne, con certezza, nessuno. Questo riferimento è escluso anche dalla considerazione, che esso non è niente di essenziale al movimento assoluto. Difatti se, essendo un corpo in movimento, tutti gli altri corpi si suppongono annientati, non per questo è annientato il movimento di quello. Se un corpo solo esistes-

se, esso dovrebbe essere o in movimento o in riposo, quindi il movimento e il riposo debbono essere determinabili e reali indipendentemente da ogni riferimento ad altri corpi. Ora se il movimento assoluto è reale, deve essere anche reale lo spazio assoluto, nel quale soltanto è concepibile.

Allo stesso risultato si perviene se si considera la cosa dal punto di vista dinamico. Difatti, se non fossero assoluti lo spazio, il tempo e il movimento, non ci sarebbero leggi del movimento. Se non c' è moto e leggi del moto per un corpo solo non ce n' è neppure per una moltitudine di corpi, ed ogni azione e reazione loro, cioè tutti i fenomeni delle azioni fisiche diventano incerti e indeterminabili. Specialmente inconcepibile e falsa sarebbe la legge d' inerzia, la quale, come ha provato Newton, suppone il tempo e lo spazio assoluto; suppone quest' ultimo, secondo Eulero, anche perchè solo in esso si può pensare verificata la sua ipotesi fondamentale, un corpo abbandonato a se stesso, cioè sottratto all' influenza di qualunque altro corpo. Questa inferenza dalla legge d' inerzia al tempo, allo spazio, al moto assoluti acquista in Eulero un'importanza anche maggiore per questo, che secondo lui quella legge ha valore di assoluta certezza, non è una verità d'esperienza, ma è dimostrabile a priori.

IV.

Pure non ostante l' autorità del suo autore, e non ostante quella dei matematici più eminenti, la teoria newtoniana non passò senza contraddizione fin da parte degli scrittori contemporanei e dei successori immediati. E la controversia volse tanto sui fondamenti geometrici quanto sui fondamenti dinamici della

dottrina. Da principio il punto più controverso fu l'idea dello spazio assoluto. Leibniz, che avea fatto del tempo e dello spazio delle forme di relazione e di ordine, non poteva ammetterli come termini reali di riferimento; quindi rigettò il determinante geometrico e si attenne al meccanico. Similmente lo scettico Bayle e l'idealista Berkeley respinsero l'idea dello spazio assoluto. E in verità essa era accettata dai più solo perchè assunta ed adoperata senza riflettere, se essa non coincidesse nella loro rappresentazione sensibile, e senza che se ne avvedessero, con un sistema di coordinate autocentriche riferite al firmamento. Berkeley disse, che se si tolgono gli elementi empirico-rappresentativi, e il nome, dello spazio assoluto non resta nulla, e che perciò l'assegnarlo come termine di riferimento è come non assegnarne nessuno. E notò che i newtoniani non avrebbero potuto decidere se il tutto delle cose è immoto o mosso di moto rettilineo ed uniforme, perchè non possedevano nel loro spazio assoluto un termine di riferimento che fosse possibile di adoperare.

Questa critica fu ripresa e continuata dal Kant, il quale però non ebbe sempre intorno ed essa le stesse idee. Nell'opuscolo del 1758, *Intorno a un nuovo concetto del moto e della quiete*, dice che lo spazio assoluto è inconcepibile, e che è un'ipotesi inutile per determinare il movimento. Ma questo concetto, che come fu il primo doveva essere anche l'ultimo, e quello a cui il suo pensiero stabilmente aderì, è emendato nello scritto del 1768, *Sul principio della distinzione dei luoghi nello spazio*, dove si sente l'influenza di Eulero, e lo spazio assoluto è dato come inconcepibile bensì, ma come un presupposto o postulato necessario. La forma definitiva del pensiero di Kant sull'argomento è nei *Principii metafisici della scienza della*

natura pubblicati il 1786. In essi il movimento è definito, « il cangiamento del rapporto esterno d'una cosa ad uno spazio dato »; ma ogni spazio dell'esperienza è uno spazio materiale e quindi mobile. Noi riferiamo il movimento d'un corpo immediatamente allo spazio materiale che lo circonda, stanza, nave ecc., e questo a uno spazio materiale più grande che lo comprende. Il processo rappresentativo va da spazio a spazio all'infinito, verso uno spazio limite non raggiunto mai, lo spazio infinito immobile che è un ideale, e che diciamo assoluto. Ma ammettere la realtà di questo spazio assoluto, che non può essere oggetto di nessuna esperienza, significa ammettere, per intendere l'esperienza, qualche cosa, in rapporto alla quale non può essere determinato niente che cada nell'esperienza. Lo spazio assoluto non è dunque nè una cosa in sè, nè un oggetto, ma un concetto-limite; ed è non intendere la natura delle *idee della ragione* il prenderle come realtà. L' idea-limite dello spazio assoluto nasce non come un'esperienza, ma come nascono tutte le idee della ragione, come un' integrazione dell' esperienza. In realtà noi non abbiamo esperienza che solo e sempre di movimenti relativi, e questi solo possiamo conoscere e determinare, tantopiù che dal punto di vista matematico ogni movimento è correlativo o reciproco. Ma appunto per questo, appunto per mantenere chiara la certezza, che un movimento assoluto è per noi inconcepibile, l'idea-limite dello spazio assoluto è come la dimostrazione di quello che dovrebbe essere la nostra nozione del moto, se ci fosse possibile di elevarci oltre la sfera del relativo.

Adunque dei due determinanti newtoniani del movimento assoluto, il geometrico e il dinamico, pare che il primo non resista alla critica. Posto pure che lo spazio assoluto ci fosse, sarebbe inutile per la nostra conoscenza del movimento; que-

Definiz. kantiana del movimento

sto sarebbe riferito sempre per noi ad uno spazio dell' esperienza, cioè ad uno spazio relativo. Dal punto di vista della Cinematica astratta, della *foronomia*, come la chiama Kant, che riguarda il moto come quantità, indipendentemente da ogni manifestazione di forza, da ogni impulso, insomma da ogni elemento dinamico, e che è una pura matematica del movimento, regna sovrano l'assioma cartesiano della reciprocità. Ogni movimento relativo è anche correlativo, ed è sempre possibile, di due mobili che si avvicinano o si allontanano, considerare indifferentemente l' uno o l' altro come mosso, o ambedue. Quindi si vede che senza il determinante dinamico non è possibile distinguere e definire il movimento reale.

In questa seconda parte della teoria, il Kant è seguace di Newton; e tutta la sua filosofia della natura è un tentativo di dimostrazione razionale o filosofica della verità della fisica newtoniana. Provato che lo spazio assoluto non può essere termine di riferimento, e che dal punto di vista matematico ogni movimento è sottoposto all' assioma della reciprocità, non resta, per distinguere il movimento reale dal relativo, che il criterio dinamico. Ma anche nell' adoperar questo il pensiero di Kant non è così sicuro e confidente come quello di Newton. Egli non è sicuro della realtà del movimento se non in quanto può essere riportato a un impulso che n' è causa. Quando manca la prova meccanica diretta, essa non può sempre essere sostituita dal ragionamento. Così nel movimento rettilineo possiamo riguardare indifferentemente come mossi o il mobile, o il punto di riferimento con lo spazio ambiente, anche dal punto di vista dinamico; perchè le manifestazioni di forza sono esattamente le stesse qualunque sia il punto materiale che si considera come mosso. Non è lo stesso, secondo Kant, pel movi-

mento curvilineo, perchè questo, essendo un continuo cangiamento di moto, suppone una forza continua che obbliga il mobile a cangiare ad ogni istante la direzione del suo movimento. Quanto alla legge d' inerzia è d' accordo con Eulero e con Newton; essa giustifica l' inferenza all' esistenza del movimento assoluto, ed è una verità di ordine assiomatico.

Però le discussioni e le contraddizioni, delle quali la dottrina di Newton era stata il soggetto, non erano valse, fino agli ultimi tempi, a scuoterne l' autorità nel pensiero dei dotti, ed essa avea continuato ad essere fino a poco più di vent' anni fa il fondamento della Meccanica, quando nel 1870 il Neumann, professore di Meccanica a Lipsia, in una prelezione, della quale abbiamo già fatto cenno, riprese ad esame i principii della teoria di Galilei e di Newton, e rinverdì la disputa, che pareva sopita dopo la critica kantiana. Dopo quella pubblicazione è venuta su tutta una nuova letteratura sull' argomento, e la discordia delle teorie si è accentuata più che mai, e questa volta tra matematici, più che tra filosofi. Il Lange, che ne ha dato un riassunto nel terzo volume dei Philosophische Studien del Wundt, non conta meno di quattro gruppi di teorie. Il primo è rappresentato da quelli che sono rimasti fedeli alla dottrina newtoniana, ed ha propugnatori principali il Thompson e il Tait, lo Zöllner, il Liebmann, lo Schultze e il Sigwart. Il secondo comprende le teorie che mantengono il concetto del movimento assoluto, e sostituiscono un' ipotesi fisica allo spazio assoluto. La principale fra esse è stata formulata appunto dal Neumann nello scritto citato, e a questa hanno aderito, nei punti fondamentali, il Riehl e il Lange. Il terzo comprende le dottrine, che rigettano decisamente ogni riferimento del moto allo spazio assoluto, e credono che non

si possa aver conoscenza del movimento assoluto in generale, e non si possa in questa generalità definirlo, ma solo di una qualche forma di movimento assoluto, determinato dal criterio dinamico, p. es. del moto assoluto di rotazione rivelato dallo sviluppo della forza centrifuga. Queste teorie sono state formulate dallo Streinzt, dal Maxwel e da altri. E finalmente nel quarto gruppo rientrano le teorie schiettamente relativiste, che non ammettono altra notizia se non che di movimenti relativi. Esse rappresentano l'antitesi della dottrina newtoniana, e di quelle del primo gruppo che la continuano e la rinnovano; ed hanno trovato nel Mach, e un poco anche nel Lotze, i più autorevoli rappresentanti. Dunque il relativismo trionfa in quasi tutte le dottrine, meno in quelle dei newtoniani. L'odierna disputa non si agita tanto sul criterio matematico newtoniano, che non è generalmente ammesso, e che si considera come rigettato definitivamente dalla critica del Kant e dei suoi predecessori. Essa muove dall' antinomia, che s' incontra nei fondamenti della Meccanica, dove, stando al criterio geometrico, s' insegna che ogni movimento, come quello che è riferito a un termine sensibile, è relativo; mentre la legge d' inerzia non ha senso se non in rapporto al movimento assoluto. Quindi è naturale che la discussione nuova da taluni punti e ritorni continuamente su di essi, ritorni cioè sul valore, sul significato, sulla formula della legge d'inerzia, e che quella datale dal suo inventore, da Galileo, sia sottoposta a revisione. Il Neumann prima, e poi il Mach, lo Streinzt e il Lange, nei lavori pubblicati nell' ultimo ventennio, hanno o fatta la storia critica del concetto di quella legge, o proposte nuove formule di essa, o discusso del carattere scientifico della medesima.

V.

Il primo punto disputato è stato di vedere se alla legge d'inerzia si dovesse attribuire un' evidenza e una necessità a priori, come pensarono Eulero e Kant, o se si dovesse riportarla al grado di una verità d' esperienza. Eulero aveva sostenuto, (e in ciò era stato seguito dal Kant), che la legge d' inerzia fosse una conseguenza diretta del principio di causalità. Un corpo abbandonato a se stesso deve, se immobile, perseverare nell'immobilità, e, se mosso, perseverare nel movimento con la stessa velocità e in direzione rettilinea, perchè, nel primo caso, manca ogni causa di movimento, e sono egualmente possibili i movimenti in tutte le direzioni; e nel secondo caso sono senza causa le variazioni di velocità, e tutte egualmente possibili, e il divergere dalla direzione rettilinea dall' una o dall' altra parte manca di causa ed ha eguale possibilità.

Però questo ragionamento è stato respinto generalmente, e non pare difatti che sia convincente. Prima di tutto si può dire, che le dimostrazioni logiche come questa, se possono, allorchè sono applicate a leggi e fatti reali, dar ragione dell' evidenza e della necessità, che attribuiamo a talune leggi e fatti dell' esperienza, non possono però mai sostituirsi all' esperienza, e derivarli da altra fonte che questa. Perchè questa soltanto ci può dare notizia del contenuto della legge, e della equivalenza di due stati successivi che sono tra loro in rapporto causale. In secondo luogo non pare possibile, nel caso speciale della legge d' inerzia, dedurre dal principio di causa la necessità della sola direzione rettilinea; perchè questa rappresenta una delle direzioni, e quindi una delle possi-

bilità; e non si vede perchè, mentre delle altre si ritiene che sieno impossibili, perchè egualmente possibili, per essa soltanto la eguale possibilità porti alla conseguenza opposta, cioè alla necessità della sua verificazione.

Bisogna dunque considerare la legge d' inerzia come una verità d' esperienza; ma quale esperienza ce la dà? Nessuna; e ciò non tanto perchè nessuna verifica esattamente il fenomeno che la legge enuncia, ma perchè le condizioni che essa pone come base del fatto non sono verificabili in nessuna esperienza, perchè la trascendono. Difatti che significa un corpo abbandonato a se stesso? un corpo sottratto all' influenza di tutti gli altri corpi, cioè posto a distanza infinita da qualunque di essi; e poichè un corpo è un sistema di punti materiali, e, in questo, nessun punto è abbandonato a se stesso, perchè è soggetto all' azione di tutti gli altri, così la condizione della legge è un punto materiale unico nello spazio infinito, cioè due *trascendenti imaginarii.* In secondo luogo, che significa direzione rettilinea? è impossibile indicare nella realtà nessun movimento che sia tale; e se alla sensibilità molti movimenti sembrano rettilinei, nessuno può dirsi tale in senso assoluto, se la stessa condizione, alla quale è sottoposto nella legge d' inerzia, è il punto materiale abbandonato a se stesso. Resta dunque il movimento rettilineo sensibile; ma poichè questa forma di movimento dipende, come ogni altra, da una proiezione, e varia come varia la proiezione, così non c' è un movimento che sia assolutamente rettilineo per la sensibilità. Un movimento che appare rettilineo visto dalla terra e sulla terra, apparirebbe curvilineo se fosse visto dal sole, e parrebbe descrivere una curva diversa secondo che fosse visto da questo o quel corpo del sistema solare. Il moto della luna, che a noi

par circolare, parrebbe serpentino e progressivo, visto dal sole. Dunque il movimento rettilineo del Galilei è un' espressione senza contenuto intelligibile nell' esperienza.

Un altro punto contestabile della formula galileiana è quello dove, del movimento per inerzia o uniforme, è detto che è quello che percorre in tempi eguali eguali spazii ; perchè quali tempi sono eguali, e come la loro eguaglianza può essere riconosciuta nell' esperienza? Per riconoscerla bisognerebbe possedere una misura assoluta del tempo; ma è noto che l' esperienza non ha e non può avere una misura siffatta. La più esatta misura che adoperiamo è il giorno sidereo; ma essa non è completamente esatta, perchè la rotazione terrestre, da cui dipende, non è un fatto assolutamente invariabile. Inoltre, siccome la misura del tempo è per noi un movimento nello spazio, non c'è forse un circolo vizioso nel misurar che facciamo, nella legge d' inerzia, l' uniformità del movimento, la egual velocità, dal tempo, nel controllare cioè inversamente gli spazii coi tempi?

Taluni si sono spinti anche più in là, e dalla discussione della formula della legge si sono creduti autorizzati a negare la legittimità dell' inferenza da essa alla realtà del tempo e dello spazio assoluto. Si è detto, che se la legge d' inerzia è una finzione matematica, (il punto materiale abbandonato a se stesso), non si può trarre da essa nessuna illazione che concerna l' esistenza reale, allo stesso modo che non si può dalla finzione geometrica del punto inesteso conchiudere alla infinita divisibilità della materia. La legge d' inerzia, in quanto ha un uso nell' esperienza, riferisce sempre il corpo in movimento a un determinato sistema spaziale, (p. es. il sistema solare), e ad una determinata scala o misura del tempo. Suppone dun-

que un riferimento perfettamente determinato; ora, ciò posto, come si dovrebbe e potrebbe conchiudere da essa al tempo e allo spazio assoluto, cioè ad un riferimento di natura sua indeterminato ed indeterminabile? Eulero ha detto, che la stessa ipotesi della legge, un corpo abbandonato a se stesso, suppone, se la legge è vera, lo spazio assoluto, perchè soltanto in esso è possibile. Ma si può rispondere pigliando l'argomento a rovescio, e dire che, poichè nello spazio assoluto il luogo non è determinabile, e il movimento è un cangiamento di luogo, così neppure il movimento è determinabile, e che per conseguenza l'ipotesi della legge è diametralmente opposta alla verificazione della legge.

Ma tutte le difficoltà che presenta la comprensione della legge d'inerzia non potevano certamente indurre la Meccanica a disfarsene, perchè avrebbe dovuto al tempo stesso disfare se stessa; e dire che, appunto di quella che pure è la parte più sicura e dimostrata della conoscenza della natura, convenisse rinunziare a intenderne niente. Quindi i diversi tentativi, o di emendare la formula galileiana, o di cangiare la natura logica della sua enunciazione rispetto alla scienza della quale è fondamento. Se non è una verità assiomatica, se non è neppure una verità d'esperienza, come si può ammettere ancora che è una legge? non è la legge la formula costante, eterna, del fatto? e, se è così, come quello che non è mai un fatto può essere una legge?

VI.

Il Lange dice, che si potrebbe considerare la legge d'inerzia come un'ipotesi accolta per ispiegare i fatti dell'esperien-

za, e riportarli a un principio generale e largamente comprensivo. Se non che mentre l' ipotesi, nel senso ordinario, non differisce dalla teoria per la realtà, (chè ogni ipotesi assunta si considera come reale), ma per la dimostrazione; la legge d'inerzia è bensì dimostrata, ma non è reale o realizzata se non che per approssimazione. Quindi essa, a rigore, e stando alla lettera della sua enunciazione, può essere considerata piuttosto come la definizione del corpo o punto materiale abbandonato a se stesso, anzichè come la formula generale d' un fatto. E poichè l' esperienza la realizza con approssimazione indefinita, più che una definizione, (chè la definizione si può riferire anche ad un' entità affatto immaginaria), è una utile convenzione, la quale diventa il fondamento delle ricerche intorno alle leggi complesse del movimento. Intanto, l' esperienza mostra un' approssimazione indefinita al tipo convenzionale, mostra che ogni deviazione da esso è il prodotto d' una causa speciale calcolabile, e così rende possibile di elevare la convenzione a verità. La convenzione consiste nell' ammettere *un sistema d' inerzia* spaziale e *un sistema o scala d' inerzia* temporale, cioè nel definire un termine di riferimento pel movimento rettilineo e un termine di riferimento pel movimento uniforme, e nell' applicare a quelle definizioni e alla legge d'inerzia *il principio della particolare determinazione.* Cioè dire che i sistemi d' inerzia spaziale e temporale definiti, sono presi particolarmente ed empiricamente, per la misura della direzione e della velocità di un movimento particolare; e poichè la legge si mostra generalmente vera, così anche la definizione si considera come generalmente vera. Similmente se definiamo la misura della forza in modo che sia vero per una massa determinata, che forze eguali imprimono eguali velocità a una stes-

sa massa, questo teorema sarà vero per tutte la masse. E se definiamo la misura della massa in guisa, che sia vero per una determinata forza, che masse eguali ricevono eguali velocità da una stessa forza, sarà anche vero di tutte le forze. Il vantaggio del principio della particolare determinazione consiste nell'escludere le idee assolute, (il tempo assoluto, lo spazio assoluto), delle quali non è possibile fare nessun uso nell' esperienza.

Ma quando si va a vedere, questa teoria del Lange si risolve in un puro travestimento del fatto in parole, che non risolve nessuna delle quistioni che vorrebbe risolvere. Chiamare convenzioni le imagini empiriche e ridotte, cioè particolari, del tempo assoluto e dello spazio assoluto, e risalire dal particolare al generale, e dal convenzionale al vero, è presentare artificiosamente il processo dell' esperienza. Questa riferisce bensì sempre ogni movimento ad un sistema spaziale determinato, e ad un determinato sistema (misura) del tempo. Ma in questo non c' è niente di convenzionale; è il riferimento spontaneo della sensibilità, la quale non sceglie mai arbitrariamente nè mai varia arbitrariamente il suo termine di riferimento. Anzi se c'è qualche cosa di convenzionale, è piuttosto il termine sensibile di riferimento, non la definizione del *sistema d' inerzia.* Cotesta definizione, come quella che enuncia delle proprietà dell' intuizione, è necessaria, comunque poi s'intenda questa necessità, come inerente a una funzione a priori o come prodotto d' un'esperienza ereditaria. Nè meno artificioso e fallace è l' attribuire all'esperienza la conversione del particolare in universale, e della convenzione in verità. Perchè la prima cosa, nelle scienze matematiche, com'è la cinematica pura, accade solo in virtù della perfetta analogia, che dipende dall' unità ed omogeneità dell'intuizione; e la seconda verrebbe ad

essere qualche cosa di fortuito e di accidentale, mentre è il contesto dell'esperienza quello che conduce alla definizione, la quale non avrebbe potuto essere in nessun modo formulata senza la sua indicazione. È singolar cosa il credere che tutte le difficoltà dei fondamenti della dottrina del movimento e della legge d'inerzia si risolvano sostituendo al tempo, allo spazio e al movimento assoluti dei modellini o tipi ridotti e rimpiccioliti, e dichiarandoli puramente convenzionali. La quistione è se il movimento reale e la sua legge più generale si possono comprendere e definire indipendentemente dallo spazio e dal tempo come realtà per sè, e se sieno risolubili le difficoltà e contraddizioni che s' incontrano nelle definizioni di tali idee; ora che significa a tal proposito dire che il fondamento di tutta la dottrina del movimento è una convenzione? Non può significare altra cosa che uno di questi due assurdi, o che di quelle idee e rappresentazioni non c'è punto bisogno, e che è possibile concepire il movimento reale senza il tempo e lo spazio reali; o che ce n'è bisogno, ma come di puri artificii dell' intelligenza, che non riesce ad intendere la realtà, se non foggiandosela a modo suo, secondo una sua convenienza o convenzione.

Il prof. Neumann è convinto dell' impossibilità di prendere lo spazio assoluto e il tempo assoluto come termini di riferimento per definire e distinguere il movimento reale, e perciò ritiene come fallace e come inconcepibile la formula galileiana della legge d'inerzia. Siccome non abbiamo nessuna misura assoluta del tempo, così non è esatto dire, che un corpo in movimento, abbandonato a se stesso, percorre spazii eguali in tempi eguali, ma che sono eguali i tempi nei quali un corpo abbandonato a se stesso percorre spazii eguali. In secondo luo-

go, siccome lo spazio assoluto non è un termine possibile di riferimento del moto, e senza un termine di riferimento la legge di Galileo non ha senso, bisogna vedere in che modo può essere sostituito lo spazio assoluto da una rappresentazione adatta a tenerne il luogo. I termini di riferimento sensibile, dei quali usa la coscienza comune e la scienza positiva pei bisogni della pratica, non possono essere adoperati, perchè sono immobili relativamente. Per la Meccanica, che è una scienza astratta, una pura matematica del movimento, basterà un termine di riferimento astratto, che sia pensato come avente le proprietà dello spazio assoluto, e la determinazione locale, che in esso manca. Questo termine di riferimento deve dunque essere un corpo geometrico, assolutamente immobile, invariabile di figura e di dimensione, in rapporto al quale tutti i movimenti possano essere determinati, e a cui il Neumann dà il nome di *corpo alfa*.

Quelli i quali credono che si possa fare a meno del movimento assoluto, e che si possa considerare qualunque movimento come relativo, non badano bene alle contradizioni contro le quali vanno ad urtare. Supponiamo una massa fluida ruotante, questa prende la forma di un ellissoide di rivoluzione. Qual forma prenderà nell' ipotesi che tutti gli altri corpi dell' universo sieno a un tratto annullati, cioè nell'ipotesi che sia in un istante abbandonata a se stessa? Evidentemente, poichè la rotazione e la forma che ne consegue, non dipendono dall' azione degli altri corpi, la forma ellissoidale deve persistere insieme al movimento che n' è causa. Ma se diciamo che ogni movimento è relativo, non possiamo dare questa risposta. Perchè, siccome i punti che costituiscono quella massa non subiscono nella rotazione nessun cangiamento della loro posizione relativa, la massa ruotante,

rimasta per ipotesi sola nello spazio, dovrebbe essere non in moto ma in quiete; essa dovrà quindi riprendere la forma sferica, perchè col cessare del movimento di rotazione viene a cessare la causa dello schiacciamento polare. Facciamo un' altra ipotesi. Posta la relatività di ogni movimento, è chiaro che se due soli punti materiali esistessero, ogni movimento dell' uno non potrebbe esistere ed essere determinato se non che in rapporto all' altro. Ma il rapporto spaziale di due soli punti è soltanto quello della retta che li congiunge, dunque i soli loro movimenti possibili sarebbero quelli di allontanamento o di avvicinamento secondo quella. Quindi se, ad esempio, tutti gli altri corpi celesti fossero annullati, il sole e la terra dovrebbero cessare di avere il movimento relativo che hanno ora, e si dovrebbero o avvicinare o allontanare secondo la retta che li congiunge.

Queste conseguenze sono assurde, e perciò bisogna ammettere il movimento assoluto. E poichè non si può determinarlo rispetto allo spazio assoluto, e i corpi dell'esperienza non valgono se non che per determinare dei movimenti relativi, così bisogna ammettere questo corpo alfa, se la legge d'inerzia e tutta la Meccanica, che si fonda su di essa, deve essere mantenuta. La rappresentazione d'un centro immobile del mondo è così necessaria per poter concepire il movimento come l' esistenza dell'etere luminoso ed elettrico per intendere i fenomeni della luce e dell'elettricità. Come quando nelle ricerche matematiche entrano contemporaneamente più variabili, e dobbiamo rappresentare sinteticamente la dipendenza di tutte queste variabili, troviamo conveniente ed anche necessario d'introdurre una variabile intermedia, e di definire il rapporto che ha con questa ciascuna di quelle variabili, così, nelle teorie fisiche troviamo utile d'intro-

durre un processo o una materia ipotetica per ispiegare i fenomeni. L'etere luminoso ed elettrico rappresentano, nelle relative branche della fisica, quello che il corpo alfa nella teoria generale del movimento. E come non è impossibile che l' ipotesi dell' etere sia sostituita da un' altra, così non è impossibile che la teoria del moto di Galileo e di Newton sia sostituita da un'altra. L'essenza delle teorie fisico-matematiche è di essere delle vedute *soggettive* scelte per dare l' imagine più esatta che è possibile dei fenomeni; e perciò i loro principii sono soggetti a revisione, e non hanno niente d' immutabile, com' è provato anche dalle difficoltà e contraddizioni che presentano, e che l'analisi scientifica può diminuire, emendando le formole, ma che non può eliminare giammai.

La teoria del Neumann è un esempio, tanto più notevole quanto più grande è l'autorità dello scrittore, della perplessità nella quale si trovano gli scienziati quando dai principii delle loro dottrine sono condotti a problemi di ordine filosofico. Si sa che la Meccanica, e propriamente quella sua parte che è la Cinematica pura, come scienza di ordine matematico, non presenta le costruzioni sue come imagini più o meno esatte della realtà ma come i veri modelli, verso i quali la realtà non presenta che approssimazioni. La sua certezza è quindi indipendente da ogni verificazione sperimentale, e tale è ritenuta anche da quelli, che cedendo alla marea montante dell'empirismo, non ammettono conoscenze che non sieno *in toto* derivate dall'esperienza. Il Neumann non esita a porre la Meccanica pura allo stesso livello delle comuni teorie fisiche, e non dà alla teoria del moto di Galileo maggior valore che alle teorie ipotetiche sulla natura della luce e dell'elettricità; anzi procedendo oltre, arriva fino ad assegnare come carattere necessario

di tutti i principii, che non sieno puramente formali, un maggiore o minore grado d'inconcepibilità. Così egli non sa fare la filosofia della sua scienza senza riuscire al risultato veramente singolare, e non invidiabile, di disfarla, di renderla affatto incerta e problematica in quelli che sono i suoi fondamenti necessarii. E non confida di poter ottenere miglior risultato che questo, diminuire le contraddizioni e le inconcepibilità, senza nessuna speranza che possano essere eliminate. Ma è poi vero che la sua analisi riesca ad ottenere anche solo questo così modesto risultato?

Le due modificazioni sostanziali, che egli crede di dover portare ai principii della dottrina di Galileo, sono l' ammissione del corpo alfa, e il ridurre ad una mera convenzione il moto uniforme. Non bisogna dunque più dire, con Galileo, che il movimento del corpo abbandonato a se stesso è rettilineo rispetto allo spazio della natura, ma rispetto al corpo alfa; nè che percorre spazii eguali in tempi eguali, ma che sono eguali i tempi nei quali esso percorre eguali spazii. La legge d' inerzia diventa così una pura *convenzione*, non l' espressione tipica ed apodittica del fatto fisico-matematico nella sua generalità, ma una maniera in fondo soggettiva ed arbitraria, di rappresentarselo. Invece si sa che la legge d' inerzia, a parte le giustificazioni e dimostrazioni a priori che ne vennero date dipoi, è stata ottenuta con un metodo sperimentale, che è quello delle variazioni e del passaggio al limite. Siccome si è visto che il movimento continua tanto più invariato, quanto più sono eliminate le cause perturbatrici, e si avvicina alla direzione rettilinea quanto più è diminuita l'azione delle forze deviatrici, se n' è concluso che se il corpo fosse abbandonato a se stesso il suo movimento sarebbe rettilineo ed uniforme. Il princi-

pio ha dunque una realtà così intera come le più certe leggi dell'esperienza, e la sua dimostrazione è così certa come è certo il metodo col quale è ottenuto, e che è dei più certi che possegga la logica del pensiero umano. S'intende che le esperienze dei movimenti, così sotto il rapporto della direzione che sotto quello della velocità, hanno avuto luogo con riferimento ai termini e alle misure relative dell' esperienza. Ma poichè l'esperienza ci presenta una scala di relatività così rispetto ai termini che alle misure, e la verità della legge è tanto meglio provata quanto la relatività è minore, si conchiude con lo stesso metodo, e quindi con la stessa certezza, che se la relatività fosse nulla, la legge sarebbe verificata in maniera assoluta. Dunque la legge non ha niente di convenzionale, niente d'ipotetico, e la sua dimostrazione è così perfetta come è possibile che sia per la logica del pensiero umano.

Invece nella forma data alla dottrina dal Neumann abbiamo un punto di riferimento per la direzione che è affatto inutile, e una definizione del movimento uniforme che si sottrae a qualunque verificazione. Difatti non si vede come un corpo puramente imaginario potrebbe adempiere l'ufficio di un punto di riferimento reale. Lo spazio assoluto è un trascendente bensì, ma ha il suo fantasma rappresentativo in quello che si dice spazio geometrico, il quale ne ha tutte le proprietà, salvo quella dell'infinità reale e dell' acentralità assoluta. In questo spazio rappresentativo c' è sempre un punto d' origine delle coordinate, quindi il luogo è sempre determinabile, e sempre determinabile la direzione del movimento. D' altra parte il termine di riferimento empirico, il corpo sensibile, può essere un termine di riferimento via via meno relativo, e tale che, pei bisogni della pratica, sia interamente sufficiente di riferire ad esso tutti i mo-

vimenti. Invece il corpo alfa è un accozzo di elementi intuitivi ed empirici, che essendo puramente convenzionale, non può avere nessun uso reale; ed è strano credere che, per liberarsi dalle difficoltà nascenti dalla mancanza di un termine reale e certo di riferimento, basti inventarlo e convenire su di esso. Dal punto di vista della pratica non abbiamo finora, e non avremo finchè l'orbita del nostro sole non sia perfettamente determinata, nessuna ragione di rinunziare al sistema di coordinate eliocentriche riferite al firmamento. E dal punto di vista della teoria, il corpo alfa non è determinabile e rappresentabile nello spazio. Perchè si potesse determinare il luogo d'un punto o di un corpo nello spazio, bisognerebbe riferirlo a tre misure, rappresentate da tre rette a squadra. E queste dovrebbero essere a loro volta determinate riferendole ad altri sistemi di coordinate, e così all'infinito. Quindi ciò potrebbe farsi solo in uno spazio finito; ma poichè ci è impossibile di pensare finito lo spazio, la determinazione di un punto fisso e quindi di un corpo alfa nell'infinito è impossibile. Dunque è meglio stare allo spazio geometrico che è una rappresentazione necessaria. In questo tutti i punti sono immobili, tutti i punti rappresentabili sono a distanze finite, e perciò tutti possono funzionare da termini di riferimento. Invece il corpo alfa del Neumann è una escogitazione tanto arbitraria quanto inutile, e non è pensiero meno strano di quel che sarebbe il ritenere più perfetto ed efficace strumento del pensiero la cosiddetta lingua universale convenzionale che quella di Omero o di Dante.

Nè è meno inammessibile di adottare, invece della galileiana, la formala neumanniana rispetto alla velocità. Se definisco il movimento uniforme, quello nel quale il mobile percorre spa-

zii eguali in tempi eguali, ho una formula verificabile, non certo esattamente, ma con vie crescente approssimazione nell' esperienza, e che è insieme elemento e parte d'una legge del movimento. Se invece dico che sono eguali i tempi nei quali un mobile mosso di moto uniforme percorre spazii eguali, ho bensì determinato quali tempi sono eguali per l'esperienza sensibile, ma non ho data la definizione del movimento uniforme, nè assegnata una legge del movimento. Intanto io non posso assumere l'idea del movimento uniforme per definire quali tempi sono eguali se prima non ho definito il movimento uniforme. Saremmo per caso in un circolo vizioso necessario, cioè nella condizione di non poter definire il movimento uniforme senza determinare quali tempi sono eguali, e di non poter determinare quali tempi sono eguali senza il movimento uniforme? Se così fosse, la correzione della formula proposta dal Neumann non la migliorerebbe nè punto nè poco. Ma il vero è che la definizione galileiana del movimento uniforme è una definizione ideale ed assiomatica, la cui verità è indipendente da qualunque verificazione sperimentale. L' esperienza può darne una verificazione approssimata mediante certe industrie, mediante il paragone p. es. di parecchie specie di movimenti uniformi, e la correzione dell'una per l'altra, (le varie specie di cronometri naturali e artificiali). Ma la definizione è dell'ordine di quelle, che rappresentano modelli, verso i quali l'esperienza non presenta che approssimazioni, e che sono più vere delle esperienze che le confermano, e non è possibile fuori del rapporto enunciato nella formula di Galileo.

VII.

Da tutta questa discussione due cose risultano a mio parere evidenti; che la legge d' inerzia è una vera e propria legge di natura, se legge di natura è quella che esprime una tendenza invariabile nelle azioni e passioni delle forze, e sia pure che questa tendenza non si possa attuare completamente mai. Che essa è una verità d' esperienza, provata col metodo che abbiamo indicato. Ma se è una legge d' esperienza, è reale, e quindi è legge di movimenti reali, e suppone il tempo e lo spazio reali. Li suppone; ma altro è supporre, altro determinare; anzi, poichè li suppone, non li determina, perchè ciò che è supposto determina quello che lo suppone, non è determinato da esso. Noi possiamo dire, che se la legge d'inerzia è vera, il movimento deve essere qualche cosa di reale e di assoluto, non di apparente e di relativo soltanto; ma nella legge d' inerzia non abbiamo nessun criterio che valga a farci distinguere il movimento reale dall' apparente. Risoluto il primo problema; esiste un movimento reale? se ne presenta un altro; quale movimento è reale? Il criterio geometrico, come abbiamo visto, non resiste alla critica; che si deve dire del criterio dinamico?

È generalmente ammesso che un movimento apparente non è accompagnato da nessuna manifestazione di forza, un movimento reale sì. Anzi poichè la forza si riduce a movimento, il movimento reale è quello che è capace di generare un altro moto equivalente, o di equilibrare una resistenza, (un moto contrario), equivalente. Newton ha presentato il criterio dinamico sotto un doppio aspetto, come causa, come effetto. È reale

il movimento, di cui un impulso, una comunicazione di forza è la causa; è reale il movimento, di cui un altro movimento è effetto. Di questi due aspetti il primo è poco importante. Esso è limitato difatti all' esperienza dell' impulso iniziale, la quale manca nella massima parte dei casi. Ed anche quando c' è, non è un criterio sicuro se non nel solo caso che l' impulso iniziale sia comunicato da uno sforzo muscolare mio, e di cui ho il sentimento diretto. Quando invece l' esperienza è oggettiva, p. es. l' urto di un mobile diverso dal mio corpo su un altro, e dello stesso mio corpo ma scompagnato in me dal sentimento dello sforzo muscolare, il criterio causale non è diverso da quello che si desume dall' effetto, e che si dice con una espressione generale, manifestazione di forza. Ora pel movimento rettilineo l' inferenza dalla proprietà dinamica, (manifestazione di forza), alla geometrica non ha valore assoluto; vale a farci ritenere che un movimento reale si è prodotto, ma non vale a farci sapere quale movimento è reale. Difatti se attribuiamo il movimento reale al corpo che appare in movimento ai nostri sensi, perchè riteniamo che la forza sviluppata è un effetto del suo movimento, cadiamo in un circolo vizioso. Perchè se, geometricamente, possiamo considerare il movimento di A verso B come movimento di B verso A, possiamo anche, dal punto di vista meccanico, attribuire indifferentemente ad A e a B lo sviluppo della forza che si avvera pel loro urto. E se diciamo che il movimento reale spetta ad A e non a B, perchè A ci è dato come mosso dalla percezione, conchiudiamo dal moto apparente, non già dalla proprietà dinamica, al moto reale.

Il valore di prova del criterio dinamico si restringe quindi alla forza centrifuga sviluppata dal movimento di rotazione. Si

può pensare un caso, nel quale questo criterio sarebbe empiricamente il solo, perchè il criterio geometrico si sottrarrebbe completamente alla valutazione della sensibilità; p. es. se un corpo solo esistesse, il suo movimento rettilineo nello spazio vuoto sarebbe indiscernibile dall'immobilità; ma se questo corpo ruotasse su se stesso, la forza centrifuga sviluppata ci potrebbe assicurare del movimento. Qualche volta esso è necessario per correggere l'indicazione fallace del criterio geometrico. P. es. se imaginiamo una sfera che si rivolga sul proprio asse, e un mobile scorrente sull'equatore di essa in direzione inversa e con eguale velocità, la risultante grafica dei due movimenti è un punto immobile. In questo caso il criterio dinamico è il solo che può correggere l'indicazione insufficiente e fallace del criterio geometrico.

Ma, con tutto questo, il criterio dinamico è dimostrato valido solo in casi particolari, e invece la teoria del moto esige un criterio discriminativo generale. Respinto il criterio geometrico, il criterio dinamico ridotto a casi particolari, (ed anche su questi c'è a ridire) (1), la teoria relativista pare che trionfi,

(1) Difatti, siccome ogni manifestazione di forza è un movimento, non si vede, se ogni movimento è apparente dal punto di vista geometrico, come i movimenti che sono effetto della rotazione, p. es. il movimento della materia verso l'equatore di rotazione, o i movimenti tangenziali, o quelli del giroscopio ecc., potrebbero essere considerati come più reali di quella, e come capaci di provarne la realtà. Lo Streinzt crede, che quando i movimenti di rotazione si rivelano indifferentemente a tutte le specie di giroscopii adoperati, debbono essere considerati come assoluti, perchè non appariscono come movimenti *relativamente* a questo o quel giroscopio. Come se, obbietta argutamente il Mach, la carta moneta o il titolo di credito, avendo un valore misurabile con qualunque sistema monetario, si dovesse per questo solo considerare non più come un titolo di credito, ma come moneta effettiva.

e che tutta la Meccanica rovini dalla sua base. Tanto più che, se anche il criterio dinamico fosse generale, del criterio geometrico non si potrebbe mai fare a meno. Perchè noi non intenderemmo che un impulso produce un movimento, se non intendessimo che produce un cangiamento di luogo nello spazio assoluto. Il Mach, che ha formulato le dottrine relativiste, le quali non ammettono nè tempo nè spazio nè moto assoluti, ha creduto, che in luogo dello spazio assoluto si può porre l' insieme dei corpi cosmici, e invece del movimento assoluto il movimento medio, e così il tempo psicologico invece del tempo assoluto. E forse dal punto di vista della rappresentazione sensibile ciò è esatto, ma non è esatto pel concetto, cioè dal punto di vista reale e obbiettivo. Difatti l' insieme dei corpi cosmici non è meno relativo di un corpo quale che sia. Questo insieme, se è infinito non può essere un punto di riferimento, e se è finito non sappiamo se è immobile o mosso nello spazio infinito. Il movimento medio e il tempo psicologico sono delle risultanti psicologiche varie da individuo a individuo, e nello stesso individuo in diversi tempi, quindi non possono valere come misure obbiettive.

Dunque pare che sia inevitabile una conchiusione scettica. Nè il criterio geometrico nè il criterio dinamico resistono all'analisi. La Meccanica è la scienza del movimento reale, e intanto il movimento reale è indeterminabile; è dunque la scienza d' un'incognita, ed è costretta di cominciare da una contraddizione. Essa deve difatti cominciare dal dichiarare, che ogni movimento è relativo, e che intanto i suoi principii fondamentali, la gravitazione e l' inerzia, debbono essere riferiti necessariamente a movimenti assoluti, e non avrebbero nessun senso se fossero riferiti a movimenti relativi. Questa conclu-

sione è accettata a cuor leggiero da buona parte dei matematici, (e valga per tutti il Neumann), e per poco non è iscritta come il primo teorema della scienza che professano. Ma se la logica vale ancora qualche cosa, è probabile, che tutto questo viluppo dipenda dal non aver considerato la quistione dal punto di vista della dottrina della conoscenza, e che sia questo come un caso tipico d'impotenza delle scienze particolari a giustificare i lor fondamenti, e a porre su una base logicamente salda le loro costruzioni e le loro dimostrazioni.

VIII.

Il primo equivoco che occorre chiarire nel linguaggio dei matematici è quello derivante dall'uso inesatto, che essi fanno, del linguaggio filosofico, e dalla confusione, che ne risulta, di concetti, che vogliono essere invece accuratamente distinti. Quando adoperano le frasi, *movimento assoluto e relativo, spazio assoluto e relativo, tempo assoluto e relativo*, per loro, *assoluto* significa non soltanto quello che non è accessibile all'esperienza e alla conoscenza, ma anche quello che solo è reale; e *relativo* significa quello che solo è accessibile alla conoscenza, ma che non è in alcun modo reale. Da ciò la conseguenza, che è impossibile definire nella conoscenza il movimento reale, che ogni movimento percepito è apparente, e che la Meccanica è una scienza, la quale cercando la realtà, abbraccia il fantasma, e stringe la nuvola invece di Giunone. Ora in questo equivoco sta l'errore fondamentale, che solo la dottrina della conoscenza può dissipare e risolvere. Se i matematici avessero soltanto posta la quistione nei termini di questa scienza, si sarebbero avveduti, che la soluzione, anche rispetto al problema partico-

lare della Meccanica, non poteva essere data che da essa. Perchè quella relatività che si presenta loro limitatamente allorchè tentano le difficoltà degli ultimi concetti della loro scienza, non è propria soltanto di questi, ma della conoscenza in generale. E allora essi si sarebbero trovati di fronte a un problema di ben altra gravità e generalità, che non sia quello dei fondamenti della Meccanica, ed avrebbero visto, che se dalla relatività si conchiude alla falsità, alla semplice apparenza, in un dominio particolare di scienza, la stessa conchiusione si deve logicamente formulare rispetto alla conoscenza in generale. E allora si sarebbero fatta l' altra domanda, che la teoria della conoscenza si fa; se relatività e apparenza e falsità sieno tutt' uno, ovvero se una conoscenza possa essere vera quantunque sia relativa.

La conoscenza si può dire relativa in due sensi, o perchè conoscere è vedere in relazione, è porre una relazione, o perchè la conoscenza è il prodotto di due fattori, soggetto e oggetto, è la cosa vista a traverso il mezzo del pensiero. Nella dottrina della conoscenza la relatività non può essere presa come sinonima di falsità se non quando è presa nel secondo significato, perchè a nessuno può cadere in mente che la conoscenza è falsa perchè è relativa nel primo senso. Anzi il filosofo sa bene, che un contenuto affatto irrelativo non può essere un contenuto di conoscenza, e che ciò che è assolutamente irrelativo è inconoscibile. La prima quistione, (che è davvero la più grave per la dottrina della conoscenza), non entra nella presente discussione, perchè non è in base di quella prima forma di relatività che il matematico dichiara relativo e apparente ogni movimento percepito o rappresentato, ma in base della seconda. Egli sostiene che il movimento reale non può essere de-

finito se non è riferito a un punto immobile nello spazio assoluto, e poichè questo riferimento è impossibile per la conoscenza, dichiara impossibile quella definizione, e negata alla intelligenza la conoscenza del movimento reale. Adunque egli non nega che la cognizione del movimento debba consistere in una relazione, ma pretende che consista in una *relazione assoluta*, cioè in una relazione che non dipende essa stessa da altra relazione, e che suppone percorsa ed esaurita tutta la serie delle relazioni seconde e condizionate, e ci riporta in ultimo a un termine irrelativo. Vediamo se questa condizione che impongono alla conoscenza possa essere realizzata, e se non essendo realizzata, si possa conchiudere che è negata alla mente la conoscenza del movimento reale.

Noi non conosciamo le cose se non che per le loro relazioni, giacchè le proprietà delle cose non sono altro che relazioni delle cose. La solubilità d'una sostanza è un certo modo di comportarsi della sostanza stessa rispetto all'acqua; il peso è invece il suo rapporto, di distanza e di massa, alla terra; il colore è la reazione d'una sostanza alla luce per un occhio normale. La massa o è espressa dal peso, che è una relazione tra due corpi, o dal quoziente della forza per l'accelerazione, che è un'altra e più complessa relazione. Ed anche se si limita il contenuto del suo concetto alla proprietà di occupare uno spazio, alla pura grandezza geometrica, si vede che anche questa è una relazione di punti, di linee, di superficie. Perciò fino l'idea di massa, che pare la più irrelativa delle proprietà, verrebbe a sparire se, per determinarla, si pretendesse di prescindere da qualunque relazione. Non esistono dunque delle proprietà assolute, e poichè la realtà d'una cosa è coestensiva con le sue proprietà, e la quantità è, come la qua-

lità, una relazione, così ogni cosa reale è per la nostra mente un termine in una serie di termini mutuamente dipendenti, e niente che non sia così è pensabile come reale. Non ci è forma d' esistenza materiale che sia il suo proprio sostegno e la sua propria misura, e che sussista in qualità e quantità altrimenti che in un cangiamento perpetuo. Una cosa è grande o piccola solo relativamente, e il paragone si fa sempre fra termini relativi, mai con un termine o tipo assoluto. Un corpo è semplice relativamente a quello nel quale entra come componente, ma nessuna sostanza è assolutamente semplice; quindi non si può andare dalle sostanze composte alle semplici. Adunque non c' è sostanza materiale assoluta, nè unità fisica assoluta o assolutamente semplice, nè costante fisica assoluta. Ci sono lo spazio assoluto, il tempo assoluto, la quiete e il movimento assoluti?

Rispondo recisamente che non ci sono; che ci sono bensì un tempo, uno spazio, un movimento e un riposo reali, e che non sono punto la stessa cosa. Difatti se per spazio assoluto s'intende uno spazio, al quale non è applicabile nessuna misura e nessuna figurazione, niente è più evidente che esso non è che un puro nulla. Similmente un tempo che non sia una relazione essenziale dei suoi momenti, e a cui sieno straniere le nozioni relative della durata e dell' intervallo, e che non sia passibile di quella relazione che è la misura, è meno che niente. Similmente se per riposo e per moto assoluti s' intende che sussistono solo nello spazio e nel tempo assoluti, essi sono il nulla di un nulla, sogni di ombre per usare la frase famosa di Pindaro. Invece lo spazio reale è un'entità individua, e infinitamente divisibile, cioè limitabile, tutto dimensione e misura, che è la possibilità di tutte le proprietà, (cioè di tutte le relazioni), geo-

metriche, reali o intuitive, conosciute e conoscibili. E il tempo reale è anch'esso un'entità individua e infinitamente divisibile, tutto dimensione e misura e relazione, che è la possibilità di tutte le successioni reali che cadono nell' esperienza, e che lo rendono rappresentabile. Similmente il movimento e il riposo reali sono anche, ed essenzialmente, relativi. Difatti essi esigono un termine di riferimento non soltanto per essere determinati empiricamente, per essere conosciuti e rappresentati, ma anche per essere. Si potrebbe opporre a questa tesi il fatto, che il movimento di un punto nello spazio vuoto è indeterminabile, ma si ragionerebbe male. Perchè dall' essere indeterminabile per la sensibilità e per l' esperienza, non deriva che il termine di riferimento manchi nella realtà. Difatti chi pensa il movimento d' un punto nello spazio vuoto, non può fare a meno dell' idea di direzione, di avvicinamento e di allontanamento da altri punti; e se ne fa a meno, o meglio se si prova di farne a meno, si accorge che quel suo movimento, o quel suo *riposo in luogo* nello spazio, svanisce.

Adunque non ci sono neppure uno spazio, un tempo, un movimento, un riposo assoluto, e quindi tutta la conoscenza che abbiamo della realtà oggettiva consiste in relazioni stabilite e riconosciute, delle quali tutti i termini sono a loro volta relativi. Per la scienza spiegare un fenomeno complesso è mostrare come si riporta ad un fenomeno più semplice, come ciascun gruppo di fenomeni, che è oggetto d' una scienza particolare, si riduce ad una forma fenomenica generale, relativamente semplice, dalla quale si può derivare. L' astronomia riporta i fenomeni che studia alla gravità, l'ottica e l' acustica risalgono alle leggi dei movimenti vibratorii, la fisiologia alle proprietà fondamentali degli elementi anatomici.

Ma il cammino regressivo della scienza non può mai arrivare all' assolutamente semplice, all'assolutamente omogeneo, all'assolutamente irrelativo. Perchè potesse, dovrebbe oltrepassare non solo i limiti dell' esperienza reale, ma anche quelli dell' esperienza possibile, e cercare la integrazione del sapere nei trascendenti imaginarii della metafisica. Nei limiti d'un'esperienza possibile l'esigenza conoscitiva è soddisfatta se il regresso causale, e in generale la riduzione e la semplificazione, in cui consiste la spiegazione, ci riporta fino al termine che importa la maggiore semplificazione, cioè l'eliminazione del maggior numero possibile di dati da spiegare. Ma il processo verso l'irrelativo non può mai trasportarci nel dominio di questo, non per alcuna impotenza mentale nostra, ma perchè non ha conoscitivamente altro valore, che di un'idea-limite, e scambiarlo con l'ente realissimo è cercare nel nulla il principio dell' essere. Chi pensa davvero l' irrelativo come la realtà massima è costretto, come l' Herbart, di convertire il mondo dell' esperienza in mero fenomeno, e di cercare il concetto della realtà oltre i limiti del concepibile.

Se si prendono ad esame le forme più generali di metafisica, si vede che si possono ridurre a due; perchè la metafisica è universalistica o individualistica, perseguita o l' infinitamente grande o l' infinitamente piccolo, o l' uno che è tutto, o l' ente semplice, (l' atomo, la monade); la prima s' intitola idealismo, la seconda realismo. Ora tutti i sistemi di metafisica idealistica rappresentano dei gradi successivi di astrazione, i quali invece di accostarsi alla realtà, se ne allontanano sempre più, perchè sostituiscono all' esistente una identità, che è obbietto d' una veduta mentale, e che tanto è remota da quello quante sono le differenze che bisogna aggiungere per averlo di

nuovo. Il platonismo, lo spinozismo e l'hegelismo si possono considerare come i tre gradi principali e progressivi dell'astrazione idealistica; le *idee reali* prima, poi la *sostanza* una e infinita, da ultimo l'*essere indeterminato* che si converte col non essere. Nè diversa è la sorte della metafisica realistica, la quale non si appaga dell' individuale della percezione, (attuale o possibile che sia), e va sino all'*individuale assoluto*, che non può essere oggetto di nessuna percezione, nè contenuto di nessun concetto, all' *atomo*. Giacchè l' atomo metafisico è il puro concetto dell' individuale, il quale per essere senza nessuna qualità intuitiva, (nè sensibile propriamente detta, nè matematica), è l' ipostasi di un' idea-limite, e perciò è una realtà = 0. Nell'universale ultimo della metafisica idealistica, come nell'individuale ultimo della metafisica realistica le tracce dell'esistente, del reale, sono le più deboli ed evanescenti che si possono pensare. In quella l'universalità è a spese della realtà, e quando l' universalità è assoluta, la realtà è = 0. Similmente nella metafisica realistica si passa dall' atomo alla monade, e da questa all' *ente semplice* herbartiano. L' elemento del reale perde man mano i suoi caratteri, prima i fisici, poi gli psichici, e da ultimo non diventa adatto ad essere pensato come elemento di tutti i reali, per quanto tra loro diversi, se non perchè, perduti tutti i caratteri del reale, si riduce ad essere un mero residuo mentale negativo.

Ora non è poco istruttivo il vedere come la tendenza metafisica s' insinui nascostamente anche nelle menti di coloro, che più dichiarano di voler stare ai fatti, all' esperienza, e tragga i cultori delle scienze sperimentali e delle scienze esatte a cercare l' integrazione delle loro teorie nell'aborrito cielo delle

speculazioni trascendenti, e a pensare che il relativo non sussiste se non si fonda e non si profonda nell' irrelativo.

Il matematico, il quale ammette che non possiamo avere conoscenza del moto e del riposo dei corpi se non che in relazione con altri corpi, pretende però che il movimento non è reale, e che non è conoscibile nella sua realtà, se non che nel tempo e nello spazio assoluto e nel suo riferimento ai medesimi. E il fisico, che pure riconosce, che ogni proprietà dei corpi è relativa, crede che senza elementi semplici ed invariabili la realtà del mondo materiale sarebbe negata. Supporre che ogni realtà fisica è assoluta nei suoi elementi ultimi, che l' universo materiale è un aggregato di unità fisiche assolutamente costanti, che sono in se stesse in riposo assoluto, ma il cui movimento, comunque comunicato, è misurabile nei termini d' uno spazio e d' un tempo assoluti, tale è la base logica della teoria atomistico-meccanica. Quindi non è meraviglia se sforzandosi di coordinare la base con l' edificio, non riescano nell' impossibile tentativo; e si risolvano al povero partito di dare per mere ipotesi non verificabili, per semplici *convenzioni* i principii stessi della loro scienza; o a quello, più disastroso, di accettare in questi la contraddizione come necessaria, e di far riposare la scienza sulla base dell' assurdo.

Pure, se la dimostrazione che precede non è fallace, non è necessario ammettere che ciò che è relativo sia anche apparente, cioè falso. La falsità può derivare solo da un riferimento parziale e incompleto, come, ad esempio, nel caso che taluno si lasci ingannare da un fenomeno di miraggio; ma se il fenomeno è riferito *al contesto generale dell' esperienza*, ed è integrato se-

condo essa, l'apparente è riportato alla sua forma d'esistenza e coincide con la realtà. Quando Eulero asseriva, che senza il movimento assoluto nello spazio assoluto non vi sarebbero leggi del movimento, e quindi tutti i fenomeni delle azioni fisiche diverrebbero incerti e indeterminabili, non badava che la stessa conseguenza derivava egualmente anche solo da quello, che egli stesso ammette, che noi non conosciamo altro moto che il relativo. Perchè quello che non cade nella conoscenza, e che non ha nessuna relazione con essa, è per essa come se non fosse; e se essa non apprende che il relativo, che è il falso, nei principii, non può apprendere il vero nelle conseguenze. Ma egli sarebbe sfuggito a quelle conclusioni scettiche se avesse riflettuto a cosa ovvia, e che non gli era certamente ignota, cioè che la verificazione si ottiene sempre mediante l'*isolamento del fenomeno*, separando cioè sia materialmente, sia col ragionamento, gli effetti d'una causa da quelli delle altre concomitanti. Nell' esperienza noi non abbiamo pel movimento se non che termini di riferimento relativi, ma ogni termine di riferimento è in qualche modo assoluto rispetto al movimento che determina. Di modo che quel movimento, sebbene non sussista realmente nella sua forma determinata e relativa, è elemento e parte del movimento risultante, è reale come componente, ed è riconoscibile razionalmente come reale col metodo dell' isolamento. Similmente della verità del movimento per inerzia non dubitiamo, sebbene l' esperienza non lo verifichi esattamente mai. Perchè, essendoci esso presentato come elemento e parte, come fattore o tendenza in tutti gli altri movimenti reali diversi da esso, e nei loro effetti, e come non riferibile a nessun' altra causa di movimento, conchiudiamo con

piena certezza, che se quella sola causa agisse, l' inerzia, se cioè l' ipotesi della legge fosse verificata, sarebbe anche verificata la legge.

Similmente quando il Neumann vuole che si ammetta lo spazio assoluto, perchè nel caso contrario, una sfera ruotante dovrebbe ridursi immobile, e due punti materiali non potrebbero muoversi se non che lungo la retta che li congiunge, qualora fossero in un istante annullati tutti gli altri corpi dell' universo, non vede che la stessa conseguenza deriva esattamente dalla sua ipotesi, anche se si ammette lo spazio assoluto. Perchè se lo spazio assoluto è quello nel quale manca qualunque termine di riferimento, (e perciò egli vuole che *si convenga* su un termine di riferimento imaginario, qual' è il corpo alfa), non si vede come sia determinabile in esso e come sia pensabile il movimento.

IX.

Quando mettiamo insieme queste due idee, spazio assoluto e rappresentabilità, mettiamo insieme una contraddizione nei termini, perchè assoluto significa senza nessuna relazione, e la rappresentazione importa un sistema fisso di relazioni, un sistema di coordinate. Qualunque rappresentazione dello spazio è dunque relativa; ma ciò non vuol dir punto che sia falsa, e che lo spazio da essa rappresentato non sia reale. Ogni rappresentazione dello spazio è una *prospettiva*; ma quando le prospettive possibili sono infinite e sono indifferenti, qualunque di esse è una rappresentazione adequata dello spazio reale. Su questa prospettiva si disegna lo spazio dell' esperienza co-

mune e scientifica, coi suoi termini di riferimento via via più comprensivi e meno relativi, ma tutti egualmente adatti a determinare il movimento che ha luogo rispetto ad esso soltanto, o la risultante di più movimenti relativi a più punti di riferimento successivi. Allo stato delle nostre conoscenze astronomiche lo spazio dell'esperienza è rappresentato dal sistema delle coordinate eliocentriche riferite all'infinito; se fosse determinata l'orbita del sole, le coordinate potrebbero avere un altro punto di origine.

Ma qualunque sia lo spazio dell'esperienza, lo spazio reale è tradotto sufficientemente bene, per tutte le esigenze della Meccanica, da quello che diciamo spazio geometrico, nel quale il centro o punto d'intersezione dei tre assi delle coordinate spaziali estese all'infinito è il luogo dell'osservatore. Purchè si aggiungano due avvertenze; una, che il centro o punto d'intersezione può essere variato indefinitamente, senza che muti perciò lo spazio reale; l'altra, che essendo lo spazio il luogo del moto, non può essere mosso esso stesso, e che è di natura sua immobile. Così noi ci eleviamo al di sopra della prospettiva, perchè possiamo costruire tutte le prospettive possibili, e ciò dice che lo spazio geometrico è una traduzione adeguata dello spazio reale nella rappresentazione, perchè ci rende possibile di passare dalla disposizione assoluta alla prospettiva, e da questa a quella.

Noi possiamo dunque superare in qualche modo i confini della sensibilità, perchè possiamo distinguere quella delle proiezioni dello spazio reale nel senso, che meglio corrisponde alle sue condizioni ideali. Delle proprietà poi dello spazio reale abbiamo una prova irrecusabile e diretta nella necessità della nostra intuizione spaziale, dalla quale necessità deriva anche la convinzio-

ne ineluttabile che abbiamo della realtà dello spazio. Dicasi lo stesso del tempo e delle sue proprietà. Che lo spazio reale sia lo spazio piano a tre dimensioni, che esso sia omogeneo e congruente in tutte le sue parti, e immobile, e coesistente, e infinito; che il tempo abbia una sola dimensione, che i suoi momenti si succedano e non coesistano, e che scorra con assoluta uniformità, sono proprietà che l' analisi delle nostre rappresentazioni assicura, mostrando che le proprietà contrarie non sono rappresentabili, non per una qualche impotenza accidentale della nostra facoltà rappresentativa, ma per una impotenza, dirò così, costituzionale, per cui qualunque tentativo che si faccia non solo riesce vano, ma riesce a far rivivere rappresentativamente le stesse proprietà che si vorrebbero eliminare. Così la prova raggiunge il grado di certezza che deriva dall' impossibilità del contraddittorio. Nè si dica che dalla necessità soggettiva non si può conchiudere all' oggettiva, perchè ciò sarebbe esatto solo se il soggetto si fosse generato in un mondo diverso da quello che è chiamato ad intendere e rappresentarsi, mentre invece ne è parte e prodotto. Ma su questa prova non è il caso d' insistere, come quella che si connette con tutta la dottrina della conoscenza, e ci porterebbe troppo in lungo, e troppo fuori del tema, e quindi basterà l' averla accennata.

Ma un' altra prova della realtà del tempo e dello spazio, e delle loro proprietà, si desume appunto dalla legge fondamentale del moto, che è la legge d' inerzia. Difatti se quella legge richiede la possibilità della quiete assoluta di un corpo, richiede anche la realtà di quello che è la condizione di quella possibilità, cioè l' immobilità dello spazio. Ma, data l' immobilità, sono date anche l' uniformità dello spazio in tutte le sue parti, e

la sua infinità, perchè le variazioni, essendo di natura meccanica, non sono possibili in una pura entità geometrica, e uno spazio finito è uno spazio fisico mobile nello spazio infinito. Dalla seconda parte della legge d'inerzia si ricava la realtà non solo dello spazio, ma anche del tempo. Difatti il movimento rettilineo continuo suppone lo spazio piano infinito; e l'uniformità della velocità suppone che il tempo, che la misura, sia una grandezza continua costante. La formula $v = \frac{s}{t}$ sarebbe senza senso definito, se t non fosse invariabile. Ogni nostra misura empirica del tempo è relativa, e non è matematicamente uniforme; neppure quella del giorno sidereo. Nondimeno noi abbiamo l'idea d'una misura esatta del tempo, e possiamo calcolare di quanto una data causa è capace di allungare il giorno sidereo, prendendo una determinata durata di esso come misura.

Adunque la legge d'inerzia ci riconduce al tempo ed allo spazio reali come condizioni del movimento reale, e funziona da termine medio, che ricongiunge tra loro due ordini di conoscenze, e direi quasi due mondi, quello dell'esperienza e quello dell'intuizione pura, quello tutto mutabile e mobile della sensibilità, e quello eternamente identico con se stesso, che ne è la condizione d'esistenza, e come il fondo sul quale si disegna la mobile scena del senso. Difatti, sebbene la dimostrazione d'Eulero, della natura apodittica e dell'evidenza a priori della legge d'inerzia, non si possa ritenere come buona, io credo che il difetto della dimostrazione non tolga la verità della tesi, e che essa possa essere provata altrimenti. Ed in vero la persistenza nella quiete, e la persistenza nel moto con velocità costante, possono essere considerati bene come conseguenza diretta del principio della conservazione dell'energia, che è la forma fisica del principio di causalità, ed ha quindi la stessa

certezza di questo. E la direzione rettilinea è connessa e direttamente dipendente dalla natura dello spazio della nostra intuizione, che è di essere uno spazio piano. In uno spazio, che avesse una misura di curvatura, positiva o negativa, diversa da zero, la direzione del movimento per inerzia sarebbe diversa, sarebbe curvilinea, e la curva sarebbe costante o variabile, secondochè la misura di curvatura fosse costante o variabile. La certezza dunque del movimento per inerzia è pari a quella che abbiamo della natura dello spazio, e se questa è assoluta, tale è anche quella.

Nè si dica che questo nostro ragionamento, il quale va dalla legge d'inerzia alle forme dell' intuizione, e da queste alla legge d'inerzia, è un circolo vizioso. Questa fallacia ci sarebbe, se dei due principii non dimostrati prendessimo l'uno come principio della dimostrazione dell' altro, per servirci poi di questo come principio della dimostrazione di quello. Ma la realtà del tempo e dello spazio e le loro proprietà, o sono necessità dell' intuizione, o, se più piace, sono verità d' esperienza dimostrate indipendentemente dalla legge d' inerzia. E questa non è punto dedotta nel suo contenuto empirico dalle forme dell' intuizione e dalle loro proprietà, ma è completamente provata, come abbiamo visto, coi procedimenti più sicuri di cui usa l' esperienza scientifica. Quindi l' inferenza, che noi facciamo, dall' un termine all' altro non è sofistica, è la dimostrazione d' un nesso, di condizione e condizionato, ed è legittima come inferenza che va dalla condizione al condizionato, e da questo a quella.

X.

Ciò posto, ripigliamo il filo della nostra dimostrazione, e affrettiamoci a conchiudere. Se la determinabilità del movimento reale esige il riferimento di questo allo spazio reale e non già allo spazio assoluto; se lo spazio reale ha una proiezione adeguata nello spazio geometrico della nostra rappresentazione; se questo ha le stesse proprietà dello spazio reale, cioè è piano, infinito, congruente, immobile, ed è in atto un sistema di relazioni, la determinabilità del movimento reale della nostra rappresentazione è completa. Ma poichè lo spazio geometrico non è esattamente la stessa cosa che lo spazio della nostra sensibilità, poichè il movimento sensibile va determinato in rapporto a punti di riferimento, che essendo di natura sensibile non hanno quella assoluta immobilità, che hanno i punti dello spazio, così ci resta a dimostrare fino a che punto è possibile provare che un movimento sensibile è anche un movimento reale.

I matematici sostengono, che posto il principio che ogni movimento relativo è correlativo, e posto che nessun determinante dinamico, o nessuno che abbia un valore generale, possa servire a distinguere il movimento reale dall'apparente, ogni movimento percepito debba essere considerato come apparente.

Ebbene io contesto decisamente l'applicabilità incondizionata dell'assioma foronomico all'esperienza. Prima di tutto, se a quell'assioma si dà il significato, che ogni movimento d'un punto in una direzione può essere sostituito dal movimento dello spazio in opposta direzione e con egual velocità, (anche il moto circolare dal moto inverso d'uno spazio intorno a un asse), e che la stessa sostituzione si può fare rispetto a cote-

sto spazio, e così in infinito, si dice cosa esattamente vera rispetto alle deduzioni matematiche, alla determinazione cioè delle proprietà del movimento considerato, ma al tempo stesso perfettamente senza senso rispetto al mondo reale dell' esperienza. Per questo vale invece in maniera assoluta il principio della immobilità dello spazio, e però quando si tratta di vedere se un movimento è reale o apparente, il principio che si deve applicare non è quello della mobilità, (implicita nell' assioma foronomico), ma quello della immobilità dello spazio. In un solo caso si potrebbe conchiudere che qualunque movimento percepito è illusorio, e che non c' è un criterio per distinguere tra il movimento apparente e il reale; cioè quando si partisse dal principio, che la conoscenza non apprende il vero delle cose, perchè è puramente subbiettiva. Ma se questa conclusione si volesse trarre da questo, che tutto quello che la conoscenza può apprendere è solo e sempre una relazione, il ragionamento sarebbe intimamente falso, perchè per esser vero bisognerebbe che il movimento non fosse in realtà una relazione.

In questo dibattito circa la relatività del movimento sono complicate due quistioni di diversa natura ed importanza, che è utile tenere distinte; la mancanza di un punto di riferimento immobile e definitivo nell' esperienza, e la trascendenza dello spazio reale, o come si dice assoluto, con l' assioma della correlatività dei movimenti nello spazio dell' esperienza. La prima delle due è la più importante, è quella che ha dato origine storicamente a tutta la controversia; ma non avrebbe condotto di certo a negare la possibilità di distinguere il movimento reale dall' apparente, se non si fosse complicata con la seconda. Difatti a questa negazione non giunsero nè Newton nè

Eulero, ai quali non venne in mente che si potesse parlare della mobilità dello spazio; e che se erraromo pensando che lo spazio per sè potesse essere il termine immobile di riferimento che si cercava, non erraromo punto allorchè lasciarono da parte l' assioma cartesiano, che è una pura finzione matematica, e non ha niente che fare con un problema della conoscenza. L' aver fatto entrare anche questo come elemento della disputa è dipeso da un' altra confusione, dall' avere cioè confuso l' assioma cartesiano con la mobilità dello spazio sensibile, cioè con quella di un sistema di corpi o punti materiali nello spazio. Solo dall' identificazione di quella finzione con questo fatto di esperienza s' è potuto conchiudere che ogni possibilità di distinguere tra il movimento reale e l' apparente venisse a mancare; perchè solo per essa è possibile di togliere valore a tutte le indicazioni dell' esperienza, e pensare che qualunque movimento datoci come reale da questa possa essere un' apparenza generata dal suo movimento correlativo. Invece i veri termini del problema sono questi; la mancanza di un termine ultimo di riferimento nell' esperienza, l' immobilità dello spazio reale con la sua rappresentazione adeguata nello spazio geometrico, e la mobilità di qualunque sistema di corpi o punti materiali nello spazio.

Quindi il criterio per distinguere il movimento reale dall' apparente deve essere cercato subordinatamente a questo principio, che ogni movimento, (reale o apparente), essendo un cangiamento di luogo nello spazio, e questo essendo di sua natura necessariamente immobile, l'apparenza del movimento non può essere che un effetto di prospettiva. Che ogni movimento di tal fatta, cioè apparente, ha però come sua condizione un movimento reale, il quale non può essere attribuito allo spazio, ma ad un

mobile nello spazio, cioè al movimento del punto di prospettiva, o a quello del mobile o sistema di mobili che funziona da punto di riferimento. Insomma, se, dal punto di vista della Cinematica astratta, ogni movimento relativo è correlativo, dal punto di vista della conoscenza reale, dei due movimenti correlativi, uno è necessariamente reale, e la quistione si riduce a sapere qual' è reale dei due. Ora, ciò posto, io dico che il criterio di distinzione deve essere desunto dall' esperienza, e pur essendo desunto da questa, vale per distinguere il movimento reale dall' apparente.

Ed è così difatti che nell' esperienza comune, e nell' esperienza scientifica, il movimento reale è distinto dall' apparente. Questa usa di una serie di termini di riferimento, di cui l' uno controlla l' altro, e ciascuno dei quali basta per determinare un movimento reale, non appena pel suo riferimento immediato al termine ulteriore è determinato come immobile relativamente a quello di cui si tratta di determinare il movimento. Così io giudico che il passeggiero si muove realmente per la nave, e non già questa in direzione opposta, se riferendo la nave a un corpo o a un sistema di corpi esterno ad essa, non verifico nessun movimento della nave, o verifico un movimento che non ha luogo nel senso inverso dell' altro e con la stessa velocità. Ed anche in questo caso non mancano criterii empirici per distinguere se il movimento del passeggiero rispetto alla nave è apparente o reale. Perchè siccome ogni mobile deve partecipare al movimento del sistema di cui è parte, così se non vi partecipa, si può sempre verificare, o che non fa parte del sistema, e quindi invece di essere riferito a questo deve servire come termine di riferimento del moto di questo; o che ne fa parte, e quindi partecipa al suo movimento, ma la

partecipazione è modificata da una forza, onde deriva un movimento che si compone col movimento del sistema, e quindi lo modifica rispetto a quella sua parte. Similmente si giudica immobile un corpo, se è tale rispetto al sistema immediato di cui è parte, e nella misura nella quale questa immobilità si può affermare anche del sistema.

Ogni movimento reale ed ogni riposo reale si determina, nell'esperienza sensibile, rispetto a un punto di riferimento, il quale basta che sia immobile relativamente. In pratica io giudico reale il movimento del passeggiero sulla nave, e di questa nel fiume, e del fiume sulla terra, e della terra intorno al sole, e di questo verso un punto dello spazio sidereo, perchè mi posso accertare, col senso e col ragionamento, della immobilità relativa di tutti questi punti successivi di riferimento. Certo non è possibile considerare come definitiva nessuna risultante grafica di un certo numero di movimenti composti, perchè non è possibile giudicare che quei movimenti sono i soli da tenere a calcolo. Per farlo bisognerebbe essere certi, che l'ultimo punto di riferimento, immobile rispetto a tutti i movimenti precedenti, fosse anche per sè, realmente, immobile. Ma ciascuna risultante grafica di un numero di movimenti composti o è la risultante reale, cioè rappresenta il movimento reale, o è elemento e parte di quella, e quindi elemento e parte del movimento reale. Ed è questo che importa di sapere nella quistione di distinguere il movimento reale dall'apparente; non già di determinare qual'è in realtà e definitivamente, la linea che rappresenta il movimento. Tanto vero che se anche la risultante grafica di più movimenti composti non fosse un movimento nello spazio reale, e corrispondesse invece a un punto immobile, non perciò la real-

tà dei movimenti componenti sarebbe negata. Così nell'ipotesi di un mobile corrente all' equatore d' una sfera ruotante su se stessa, ma in direzione inversa della rotazione e con egual velocità, quel mobile non cangerebbe di luogo rispetto a un sistema di riferimento immobile, o allo spazio reale, e nondimeno il suo movimento sarebbe reale solo perchè è tale rispetto al suo termine immediato di riferimento, cioè rispetto alla sfera, che è immobile rispetto ad esso. Adunque che non si possa determinare nell'esperienza la risultante grafica ultima è vero, ma non importa al nostro assunto; perchè ogni movimento determinato in rapporto ad uno o più termini, se non è la risultante ultima, è però elemento e parte reale di essa, e sarebbe un movimento reale anche se questa risultante non dovesse essere, in rapporto allo spazio reale, una linea ma un punto.

Quindi se dovessi definire il movimento reale, direi che esso è lo stesso movimento sensibile, cioè il cangiamento di luogo percepito o percepibile di un mobile relativamente a un punto di riferimento, che è immobile rispetto ad esso, purchè non possa essere riferito al cangiamento di luogo dell'osservatore. Non confido che questa definizione sia per essere accolta come irreprensibile dopo tante definizioni successivamente adottate e respinte; ma non è tanto a trovare una definizione che questo studio è rivolto, bensì a mostrare come, rispetto ai problemi dei principii delle scienze particolari, la riflessione propria di esse sia insufficiente. E che dall'adoperare i loro mezzi e strumenti di conoscenza derivano necessariamente delle contraddizioni, le quali conducono alle conclusioni più paradossali, e ai giochi eristici più ingarbugliati, che solo la dottrina della conoscenza e l'analisi logica dei concetti, fatta con la sua scorta, può penetrare e

risolvere. Gli scienziati avversarii della filosofia non si avvedono che oltre alle scienze particolari, ci può essere una teoria della scienza, una, per usare il loro linguaggio, fisiologia della conoscenza, che la studii e ne determini la dottrina a cominciare dalle funzioni più elementari delle sensazioni e percezioni fino alle più complesse e più alte dei concetti più generali e fondamentali delle scienze. Questa teoria della scienza è dunque quello che ciascuna scienza ha di più intimo, ed esige, per essere scoperta, una riflessione di secondo grado, non quella del pensiero sulle cose, ma quella del pensiero sopra se stesso. Essa non è la quinta ruota del carro, e perciò non la vedono, e non vedendola la negano; come i dieci cavalieri della favola, che, non vedendo ciascuno il proprio cavallo, contavano sempre nove cavalli.